

Oftalmologia e Otorrinolaringologia

Capítulo 33

Edição IX

NEUROANATOMIA DO SISTEMA VESTIBULAR: DA FISIOLOGIA DO LABIRINTO AO EXAME FÍSICO DO EQUILÍBRIO E DA TONTURA

VICTOR LUIGGI DE SOUZA ROSA¹
HELENA SANTOS GRAVATÁ CUNHA¹
GIULIA CALIARI GALDINO¹
LETÍCIA BAIÔCO BRAGA¹
LUARA CORREA FERREIRA²
KAROLLINA BOURGUIGNON ROSSATO²
NICOLE NOE CERQUEIRA¹
CAROLINA OLIVEIRA COELHO¹
MARIA EDUARDA BAYERL VERONEZ²
THAÍS VASCONCELOS GOMES¹
PAULO VITOR DA SILVA DE JESUS¹
ÁLVARO FERRO NALESSO¹
YASMIM SILVA ESPINDULA³

1. Discente – Curso de Medicina do Centro Universitário Multivix – Vitória.
2. Discente – Centro Universitário FAESA.
3. Discente – Universidade de Vila Velha (UVV).

Palavras-chave: Sistema Vestibular; Equilíbrio; Neuroanatomia.

DOI

10.59290/2539020922

EP EDITORA
PASTEUR

INTRODUÇÃO

O sistema vestibular desempenha papel fundamental na manutenção do equilíbrio corporal, da estabilidade do olhar e da orientação espacial, sendo responsável pela integração de informações provenientes do labirinto, da visão e da propriocepção. O processamento dessas informações ocorre por meio de uma complexa rede neural que envolve os núcleos vestibulares, o cerebelo, o tálamo e diferentes regiões corticais. Apesar dos avanços obtidos por meio de estudos em neuroimagem e neuroanatomia, a localização exata do córtex vestibular ainda permanece um desafio, uma vez que evidências apontam a participação de diversas áreas cerebrais, incluindo regiões temporal, parietal, frontal, insular e estruturas do sistema límbico, como o hipocampo, no processamento das informações vestibulares e na percepção do equilíbrio (GULRAIZ *et al.*, 2023).

A localização do controle da vertigem no cérebro ainda é um desafio porque ele não ocorre em um único ponto, mas em uma rede ampla e assimétrica chamada PIVC+. Em humanos, esse processamento se concentra principalmente no lobo temporal e na ínsula posterior, com maior dominância funcional no hemisfério não dominante, geralmente o direito (GULRAIZ *et al.*, 2023; DIETERICH & BRANDT, 2019).

O objetivo deste estudo foi revisar a literatura acerca da organização neuroanatômica e funcional do córtex vestibular, destacando as principais estruturas envolvidas no processamento vestibular e sua relevância para a compreensão da vertigem de origem central.

MÉTODO

Introdução metodológica

O sistema vestibular é responsável pela manutenção do equilíbrio estático e dinâmico, pela

estabilização do olhar durante os movimentos da cabeça e pela percepção da orientação espacial. Seu funcionamento depende da integração de informações provenientes do labirinto membranoso (canais semicirculares e órgãos otolíticos), do nervo vestibulococlear (VIII par craniano), dos núcleos vestibulares localizados no tronco encefálico, do cerebelo, das vias tálamo-corticais e de projeções para o córtex cerebral, cuja organização anatômica ainda não está completamente esclarecida. O processamento vestibular ocorre por meio da integração contínua entre os sistemas vestibular, visual e proprioceptivo, permitindo a construção de um modelo interno do espaço e da percepção da verticalidade.

Estudos epidemiológicos demonstram que as causas neurológicas centrais correspondem a aproximadamente 11% das queixas de tontura e a até 4% dos casos de vertigem. Entre essas etiologias, a doença cerebrovascular é responsável por cerca de 3% a 6% dos episódios de vertigem na população geral. Nesse contexto, uma anamnese criteriosa, associada ao exame neurológico e aos exames complementares de imagem quando indicados, constitui a base para diferenciar as causas periféricas das centrais.

Esta seção metodológica descreve os principais procedimentos empregados na avaliação clínica do sistema vestibular, desde a anamnese direcionada até os exames complementares instrumentais, enfatizando a correlação anatomo-clínica e a localização topográfica das lesões ao longo das vias vestibulares.

Anamnese dirigida e caracterização dos sintomas

A avaliação clínica inicia-se com a caracterização detalhada da queixa principal, uma vez que as diferentes alterações fisiopatológicas produzem manifestações clínicas distintas.

Dessa forma, a anamnese deve contemplar os seguintes aspectos:

a) Caracterização do sintoma: inicialmente, é fundamental distinguir vertigem verdadeira, definida como a ilusão de movimento do próprio corpo ou do ambiente, geralmente relacionada ao comprometimento do sistema vestibular, de pré-síncope, caracterizada pela sensação de iminência de desmaio, habitualmente associada a causas cardiovasculares, e de desequilíbrio, entendido como sensação de instabilidade postural sem percepção ilusória de movimento.

b) Duração dos episódios: o tempo de duração dos sintomas fornece importantes pistas diagnósticas. Episódios com duração de segundos sugerem Vertigem Posicional Paroxística Benigna (VPPB); episódios de minutos podem estar relacionados ao ataque isquêmico transitório ou à doença de Menière; sintomas persistentes por horas são compatíveis com neurite vestibular ou enxaqueca vestibular; já quadros com duração de dias levantam suspeita de acidente vascular encefálico ou, em situações específicas, de labirintite.

c) Fatores desencadeantes: devem ser investigadas situações capazes de precipitar ou agravar os sintomas, como movimentos cefálicos, mudanças de posição, ortostatismo, exposição a ambientes visualmente complexos e situações de estresse.

d) Sintomas associados: a presença de perda auditiva, plenitude auricular e zumbido pode indicar comprometimento da orelha interna, como ocorre na doença de Menière e em alguns casos de labirintite. Cefaleia sugere enxaqueca vestibular, enquanto alterações da fala, diplopia, déficits motores ou sensitivos apontam para possível acometimento do sistema nervoso central. Também devem ser pesquisados sintomas neurovegetativos, como náuseas, vômitos e sudorese, frequentemente presentes nas síndromes vestibulares agudas.

e) Uso de medicamentos: a investigação deve incluir fármacos potencialmente ototóxicos, como aminoglicosídeos, cisplatina, diuréticos de alça e outras medicações capazes de causar lesão vestibular.

Exame físico do sistema vestibular – protocolo de cabeceira

O exame físico do sistema vestibular deve ser realizado de forma sistemática, contemplando a avaliação do equilíbrio, do reflexo vestibulo-ocular (RVO) e das provas de posicionamento. Sempre que possível, recomenda-se que os testes sejam executados em ambiente com poucas referências visuais, reduzindo a influência de mecanismos compensatórios.

Avaliação do equilíbrio estático e dinâmico

Prova de Romberg e Romberg sensibilizado: o paciente permanece em ortostase, com os pés unidos e os braços cruzados sobre o tórax, inicialmente com os olhos abertos e, posteriormente, fechados. Na versão sensibilizada, os pés permanecem em posição de tandem, com o calcanhar de um pé tocando a ponta do outro, tornando o teste mais sensível para a detecção de alterações vestibulares, principalmente em indivíduos jovens. O teste é considerado positivo quando ocorre aumento importante da oscilação corporal ou queda após o fechamento dos olhos, sugerindo comprometimento da propriocepção, da função vestibular ou de ambas.

Avaliação da marcha: inicialmente observa-se a marcha habitual do paciente, seguida da marcha em tandem (calcanhar à frente dos dedos do pé contralateral). Alterações nesse teste podem indicar comprometimento vestibular, cerebelar ou de outras estruturas relacionadas ao controle postural.

Teste de Fukuda (*Stepping Test de Unterberger*): o paciente marcha no mesmo lugar durante aproximadamente 50 passos, mantendo os olhos fechados e os braços estendidos à frente do corpo. Uma rotação superior a 30° para um dos lados sugere assimetria do tônus vestibular, compatível com hipofunção vestibular unilateral.

Avaliação do reflexo vestibulo-ocular (RVO)

O reflexo vestibulo-ocular é responsável por manter a estabilidade da imagem na retina durante os movimentos da cabeça, permitindo que o olhar permaneça fixo em um alvo. Sua via neural clássica é composta por três neurônios: um neurônio aferente primário, cujo corpo celular localiza-se no gânglio vestibular (gânglio de Scarpa); um segundo neurônio situado nos núcleos vestibulares da junção pontobulbar; e um terceiro neurônio localizado nos núcleos dos nervos oculomotores (III, IV e VI pares cranianos), responsáveis pela contração coordenada da musculatura extraocular.

Teste de Impulso Cefálico (*Head Impulse Test – HIT*): o paciente fixa o olhar no nariz do examinador, enquanto este realiza movimentos rápidos, imprevisíveis e de pequena amplitude da cabeça, alternadamente para a direita e para a esquerda, no plano horizontal. Em indivíduos com função vestibular preservada, o reflexo vestibulo-ocular mantém a fixação no alvo sem necessidade de movimentos corretivos dos olhos.

Quando há redução do ganho do reflexo vestibulo-ocular, os olhos não conseguem permanecer fixos no alvo durante o impulso cefálico, tornando necessária a realização de uma sacada corretiva (*catch-up saccade*) para restabelecer a fixação. A presença dessa sacada, observável clinicamente, indica hipofunção do canal semicircular correspondente e/ou do nervo vestibular que o inerva.

A avaliação dos canais semicirculares verticais requer o alinhamento dos canais nos planos RALP (*Right Anterior–Left Posterior*) e LARP (*Left Anterior–Right Posterior*). Para isso, a cabeça é posicionada aproximadamente 30° em rotação. No plano RALP, a cabeça é rodada para a esquerda, permitindo avaliar o canal anterior direito durante impulsos para frente e o canal posterior esquerdo durante impulsos para trás. No plano LARP, a cabeça é rodada para a direita; nessa posição, impulsos para frente avaliam o canal anterior esquerdo, enquanto impulsos para trás testam o canal posterior direito.

Teste de Agitação Cefálica (*Head-Shake Test*): este teste tem como objetivo evidenciar assimetrias da função vestibular que podem não ser perceptíveis em repouso. O paciente mantém o olhar direcionado para a frente enquanto o examinador realiza movimentos oscilatórios rápidos da cabeça no plano horizontal, com frequência aproximada de 2 a 3 Hz, durante 10 a 15 segundos. Sempre que possível, recomenda-se a utilização de óculos de Frenzel ou outro método que reduza a fixação visual, favorecendo a observação do nistagmo.

Após a interrupção dos movimentos, observa-se a presença de nistagmo pós-agitação. Em indivíduos com hipofunção vestibular unilateral, esse nistagmo reflete a assimetria do tônus vestibular entre os dois labirintos. De modo geral, a fase rápida do nistagmo direciona-se para o lado com função vestibular preservada.

Provas de posicionamento

Manobra de Dix-Hallpike: é considerado o teste de escolha para o diagnóstico da Vertigem Posicional Paroxística Benigna (VPPB) do canal semicircular posterior. Inicialmente, o paciente permanece sentado na maca com a cabeça rodada aproximadamente 45° para o lado a ser examinado. Em seguida, é rapidamente levado

à posição supina, com a cabeça estendida cerca de 20° abaixo do plano horizontal.

Durante a manobra, o examinador observa atentamente os movimentos oculares e questiona o paciente sobre o aparecimento de vertigem. O teste é considerado positivo quando ocorre vertigem associada a nistagmo torsional e vertical, caracterizado por latência de alguns segundos, duração geralmente inferior a um minuto, reversão do nistagmo ao retornar à posição sentada e redução progressiva da resposta após sucessivas repetições da manobra (fadigabilidade). Essas características são altamente sugestivas de VPPB do canal semicircular posterior.

Teste de Rolamento (*Supine Roll Test*): indicado principalmente para investigação da VPPB do canal semicircular lateral, é realizado com o paciente em decúbito dorsal e a cabeça discretamente fletida, cerca de 30°, para alinhar o canal lateral ao plano horizontal. A cabeça é então rodada rapidamente 90° para cada lado, permanecendo alguns segundos em cada posição para observação dos movimentos oculares.

A presença de nistagmo geotrópico, cuja fase rápida bate em direção ao solo, é compatível com canalolitíase do canal semicircular lateral. Já o nistagmo ageotrópico, cuja fase rápida bate para o lado oposto ao solo, sugere cupulolitíase desse canal, embora também possa estar presente em outras condições vestibulares que devem ser consideradas no diagnóstico diferencial.

Avaliação da percepção visual subjetiva da vertical (*Subjective Visual Vertical* – SVV)

A avaliação da percepção visual subjetiva da vertical (SVV) constitui um método sensível para detectar disfunções vestibulares, especialmente na fase aguda das lesões unilaterais. O

exame avalia a capacidade do indivíduo de reconhecer a orientação da vertical gravitacional na ausência de referências visuais externas.

Para minimizar interferências, recomenda-se que a avaliação seja realizada em ambiente escurecido ou sem pistas visuais de orientação espacial, mantendo o paciente sentado em posição ereta. Habitualmente são realizadas entre seis e dez tentativas, distribuídas de forma aleatória. Em indivíduos saudáveis, o desvio da SVV situa-se, em geral, entre -2,5° e +2,5°.

Método do *Bucket Test* (teste do balde): trata-se de um método simples, de baixo custo e amplamente empregado na prática clínica. O paciente observa uma linha traçada no interior de um balde opaco enquanto o examinador gira o recipiente em diferentes direções. Em seguida, solicita-se que o paciente alinhe a linha à posição que considera correspondente à vertical verdadeira. O ângulo de desvio é determinado por meio de um transferidor fixado externamente ao balde.

Método do domo hemisférico: nesse método, o paciente permanece diante de um domo que ocupa praticamente todo o campo visual. A superfície interna apresenta um padrão aleatório de pontos ou figuras que impede a utilização de referências espaciais. O indivíduo ajusta uma linha luminosa até a posição que considera vertical, permitindo a quantificação do desvio em relação à vertical gravitacional.

Métodos computadorizados: sistemas computadorizados específicos também podem ser utilizados para avaliar a SVV. De forma geral, uma linha inclinada é apresentada em um monitor sobre fundo escuro, cabendo ao paciente ajustá-la até a posição que considera vertical. Esses sistemas oferecem elevada precisão e permitem o registro digital dos resultados.

Diferenciação entre lesão vestibular e oftalmoparesia: a comparação entre as medidas obtidas na avaliação monocular e binocular da

SVV auxilia na diferenciação entre distúrbios vestibulares e alterações dos músculos extraoculares. Nas paresias dos nervos oculomotores (III, IV ou VI pares cranianos), o desvio da SVV costuma ocorrer apenas quando o olho acometido é avaliado isoladamente, permanecendo normal na avaliação binocular e no olho contralateral. Em contrapartida, nas lesões vestibulares, o desvio da SVV tende a estar presente tanto na avaliação monocular quanto na binocular, refletindo uma alteração na percepção central da verticalidade.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Após a apresentação da importância do sistema vestibular e dos procedimentos metodológicos empregados na elaboração deste capítulo, torna-se necessário compreender sua organização anatômica e funcional, incluindo aspectos de anatomia e histologia, os reflexos vestibulo-ocular e vestibuloespinal, os mecanismos de modulação central, a organização do córtex vestibular e sua importância clínica.

Organização geral do sistema vestibular

O sistema vestibular, fundamental para a manutenção do equilíbrio e da postura, conecta-se com todos os níveis do sistema nervoso central, estabelecendo conexões com os músculos extraoculares, a medula espinal, os centros do sistema nervoso autônomo, o córtex cerebral e o cerebelo, com especial envolvimento do arquicerebelo (BRONSTEIN *et al.*, 2015).

O labirinto desempenha papel de extrema relevância no exercício da função de equilíbrio. Essa estrutura é composta por cinco órgãos sensoriais: a mácula do utrículo e do sáculo, que detectam a aceleração linear da cabeça, e as cristas ampulares dos canais semicirculares anterior, posterior e horizontal, responsáveis por

perceber a aceleração angular (ESPINOSA-SÁNCHEZ *et al.*, 2024).

Após a captação das informações sensoriais pelas máculas e cristas ampulares, o nervo vestibular as transmite até a junção pontobulbar ventrolateral do tronco encefálico, de onde as vias projetam-se para o cerebelo e os núcleos vestibulares. A integração central desses dados com as aferências visuais e proprioceptivas modula de forma contínua a execução dos reflexos vestibulo-ocular e vestibuloespinal (ESPINOSA-SÁNCHEZ *et al.*, 2024).

Reflexos vestibulo-ocular e vestibuloespinal

O reflexo vestibulo-ocular (RVO) constitui um dos principais mecanismos responsáveis pela estabilização do olhar durante os movimentos cefálicos, atuando para manter a projeção da imagem do objeto de interesse sobre a fóvea, preservando assim a acuidade visual durante a movimentação da cabeça (BRONSTEIN *et al.*, 2015; ESPINOSA-SÁNCHEZ *et al.*, 2024).

Para viabilizar esse mecanismo, o sistema vestibular gera movimentos oculares compensatórios em direção oposta à do deslocamento cefálico, com velocidade proporcional a esse movimento, garantindo a fixação visual contínua (BRONSTEIN *et al.*, 2015; ESPINOSA-SÁNCHEZ *et al.*, 2024).

Sob a perspectiva neuroanatômica, o RVO baseia-se em um circuito reflexo conhecido como "arco de três neurônios", cujo primeiro neurônio corresponde ao aferente primário localizado no gânglio vestibular (gânglio de Scarpa), cujas fibras conduzem informações originadas nos canais semicirculares e nos órgãos otolíticos (BRONSTEIN *et al.*, 2015).

Essas informações atingem os núcleos vestibulares no tronco encefálico, onde realizam sinapse com o segundo neurônio. A partir desses

núcleos, os axônios ascendem pelo fascículo longitudinal medial até os núcleos dos nervos oculomotor (III), troclear (IV) e abducente (VI), locais de origem do terceiro neurônio do arco reflexo, que coordena a contração da musculatura extraocular para gerar os movimentos oculares compensatórios.

Por sua vez, o reflexo vestibuloespinal (RVE) atua como um dos principais determinantes da manutenção da postura e do equilíbrio, integrando-se com aferências visuais e proprioceptivas. Esse reflexo é mediado, fundamentalmente, pelos tratos vestibuloespinais medial e lateral, importantes vias eferentes dos núcleos vestibulares (DIETERICH & BRANDT, 2019; ESPINOSA-SÁNCHEZ *et al.*, 2024). Esses reflexos atuam em conjunto no controle postural coordenado dos olhos, da cabeça e do tronco.

Modulação central do sistema vestibular

O sistema vestibular recebe modulação central por meio de projeções descendentes que se originam em áreas corticais vestibulares. Após receberem aferências dos núcleos vestibulares via tálamo, essas áreas corticais projetam-se de volta para estruturas do tronco encefálico, incluindo os núcleos vestibulares, parabraquiais e o núcleo pré-positivo do hipoglosso (LOPEZ & BLANKE, 2011).

Estudos anatômicos experimentais demonstram que essas projeções corticovestibulares estabelecem conexões monossinápticas com os núcleos vestibulares, envolvendo principalmente o córtex vestibular parieto-insular (PIVC), áreas somatossensoriais (2v e 3av), o córtex pré-motor e o córtex cingulado anterior (LOPEZ & BLANKE, 2011).

Embora esses núcleos recebam aferências bilaterais, existe uma organização funcional específica em que certas áreas corticais se projetam preferencialmente para um hemisfério. O PIVC projeta-se predominantemente para os núcleos vestibulares ipsilaterais, ao passo que o córtex pré-motor e determinadas áreas somatossensoriais projetam-se, prioritariamente, para os núcleos vestibulares contralaterais (LOPEZ & BLANKE, 2011).

Ademais, as projeções corticovestibulares exibem especialização funcional. Conexões originadas no PIVC, na área somatossensorial 2v e no córtex cingulado direcionam-se principalmente aos núcleos vestibulares medial e superior, que estão diretamente relacionados ao controle vestibulo-ocular. Por outro lado, as projeções originadas no córtex pré-motor e na área somatossensorial 3av dirigem-se, em sua maioria, aos núcleos vestibulares lateral e medial, que participam das funções vestibulo-espinais (LOPEZ & BLANKE, 2011). Assim, definem-se vias descendentes especializadas capazes de modular de forma seletiva tanto os movimentos oculares quanto o controle postural durante o deslocamento corporal.

Salienta-se que a estimulação elétrica de diferentes regiões corticais pode facilitar ou inibir a resposta de neurônios dos núcleos vestibulares, sugerindo que o controle cortical se processe também por circuitos polissinápticos. Observações clínicas e comportamentais em humanos e primatas indicam que lesões corticais podem alterar o ganho do reflexo vestibulo-ocular. Além disso, processos cognitivos superiores, como a atenção ou a imaginação visual, modulam as respostas vestibulares, confirmando a constante influência cortical sobre o sistema vestibular (LOPEZ & BLANKE, 2011).

Córtex vestibular

Diante da modulação exercida pelas vias corticovestibulares, torna-se essencial compreender a organização funcional do córtex vestibular. Diferentemente de outros sistemas sensoriais, o sistema vestibular não possui uma única área cortical primária responsável de forma exclusiva pelo processamento de suas informações. Suas projeções distribuem-se por uma rede de regiões corticais interconectadas, configurando um sistema multissensorial que integra dados vestibulares com estímulos visuais, proprioceptivos e somatossensoriais, possibilitando a percepção consciente da posição e do movimento do corpo no espaço (LOPEZ & BLANKE, 2011).

Entre essas regiões, destaca-se o córtex vestibular parieto-insular (PIVC), considerado o principal centro cortical de processamento vestibular em primatas e amplamente aceito como o núcleo funcional do córtex vestibular humano. Localizado na transição entre a ínsula posterior e o opérculo parietal, o PIVC funciona como um centro de integração multissensorial, recebendo aferências vestibulares do tálamo e conexões de sistemas visuais e somatossensoriais (LOPEZ & BLANKE, 2011).

Outras regiões participam ativamente desse processamento, como as áreas somatossensoriais (2v e 3av), o córtex parietal posterior, a junção temporoparietal, o córtex pré-motor, o córtex cingulado e áreas visuais associativas. Essa ampla distribuição anatômica indica que o processamento vestibular vai além do controle reflexo motor, desempenhando papel fundamental em funções cognitivas complexas relacionadas à orientação espacial, percepção do movimento, navegação e representação corporal (LOPEZ & BLANKE, 2011).

A integração de informações vestibulares com aferências visuais e proprioceptivas permite ao sistema nervoso central diferenciar movimentos do próprio corpo daqueles que ocorrem no ambiente, construir um modelo interno da gravidade e da verticalidade, e manter a percepção de estabilidade corporal durante locomoções. Esse processamento também apoia a elaboração de mapas espaciais internos necessários para a navegação espacial (LOPEZ & BLANKE, 2011; DIETERICH & BRANDT, 2019).

Destaca-se, também, a lateralização funcional do córtex vestibular. Embora ambos os hemisférios participem do processamento vestibular, estudos de neuroimagem e observações clínicas revelam predominância do hemisfério não dominante (geralmente o direito em destros) em tarefas relacionadas à percepção vestibular, o que favorece a integração sensorial bilateral e a percepção da verticalidade (LOPEZ & BLANKE, 2011).

Por fim, estudos clínicos evidenciam que lesões que afetam as áreas corticais vestibulares podem causar vertigem, sensação de inclinação corporal, desorientação espacial e distorções na percepção da verticalidade, mesmo na ausência de lesões no sistema vestibular periférico, demonstrando a participação direta dessas áreas na percepção consciente do equilíbrio (LOPEZ & BLANKE, 2011; GULRAIZ *et al.*, 2023).

Importância clínica do sistema vestibular

A complexa organização neuroanatômica do sistema vestibular justifica a ampla variedade de manifestações clínicas decorrentes de disfunções em suas vias. Por atuar na estabilização do olhar, no tônus postural, na orientação espacial e em funções cognitivas, qualquer alte-

ração nesse trajeto, desde os receptores do labirinto até as conexões corticais, pode acarretar sintomas incapacitantes de grande impacto na qualidade de vida do paciente (BRONSTEIN *et al.*, 2015; LACOUR *et al.*, 2016).

As disfunções vestibulares subdividem-se clinicamente em periféricas ou centrais. As alterações periféricas acometem estruturas como o labirinto e o nervo vestibular, cursando frequentemente com episódios de vertigem rotató-

ria intensa, nistagmo espontâneo horizontal-torsional e prejuízo nos reflexos vestibulares. Por outro lado, as disfunções centrais envolvem os núcleos vestibulares no tronco encefálico, o cerebelo, as vias tálamo-corticais ou as projeções corticais, manifestando-se como desequilíbrio persistente, ataxia de marcha, desvios na percepção da verticalidade e desorientação espacial, comumente acompanhados de outros sinais neurológicos focais (**Tabela 33.1**) (DIETERICH & BRANDT, 2019).

Tabela 33.1 Diferenciação diagnóstica entre síndromes vestibulares periféricas e centrais

Parâmetro Clínico	Síndrome Vestibular Periférica	Síndrome Vestibular Central
Intensidade da Vertigem	Geralmente intensa, paroxística ou episódica.	Leve a moderada, persistente ou contínua.
Padrão do Nistagmo	Unidirecional, horizontal-torsional; inibido pela fixação visual.	Direcional mutável, vertical puro ou rotatório puro; não inibido pela fixação.
Sintomas Auditivos	Comuns (hipoacusia, zumbido, plenitude auricular).	Raros (exceto em infartos da artéria cerebelar anteroinferior).
Sintomas Neurológicos	Ausentes (exceto quando associados a quadros sistêmicos).	Frequentes (diplopia, ataxia, disartria, disfagia ou déficits motores/sensitivos).
Compensação Central	Habitualmente rápida e clinicamente completa.	Lenta, tardia e frequentemente incompleta.

Fonte: Adaptado de Dieterich & Brandt, 2019.

Entre os métodos diagnósticos clínicos mais sensíveis para identificar disfunções ao longo dessas vias, destaca-se a determinação da vertical visual subjetiva (SVV), que mapeia a integridade da percepção gravidosensorial. Desvios significativos da SVV representam importantes marcadores topográficos de lesões ao longo de todo o eixo vestibular. De modo geral, lesões periféricas e de tronco encefálico acarretam desvios ipsilaterais ou contralaterais mais acentuados, enquanto lesões talâmicas e corticais produzem desvios de menor magnitude, mas clinicamente significativos para o raciocínio diagnóstico (DIETERICH & BRANDT, 2019).

Adicionalmente, evidências científicas comprovam a participação do sistema vestibular em funções cognitivas superiores, tais como a memória espacial, a navegação no ambiente e a representação do próprio corpo. Desse modo, o acometimento de áreas corticais vestibulares pode induzir vertigem, desorientação e distorções perceptivas sem que haja alteração no labirinto ou no nervo vestibular, evidenciando o papel da integração cortical (LOPEZ & BLANK, 2011; GULRAIZ *et al.*, 2023).

Embora as vestibulopatias agudas gerem sintomas intensos, o sistema nervoso central possui capacidade de reorganização funcional através do processo de compensação vestibular.

Esse mecanismo plástico envolve reajustes neuroquímicos e estruturais para restabelecer o equilíbrio elétrico e funcional entre os núcleos vestibulares bilaterais, além de promover estratégias de substituição sensorial utilizando estímulos visuais e somatossensoriais (LACOUR *et al.*, 2016).

Como resultado dessa compensação, observa-se melhora progressiva dos déficits estáticos (vertigem espontânea em repouso, assimetria postural e nistagmo espontâneo). Entretanto, os déficits dinâmicos, que interferem na estabilização do olhar e do equilíbrio corporal durante movimentos cefálicos rápidos, dependem de mecanismos adaptativos mais complexos e podem persistir de forma subcompensada por períodos prolongados (LACOUR *et al.*, 2016).

Portanto, o conhecimento aprofundado da organização anatômica, fisiológica e funcional do sistema vestibular é indispensável na prática clínica, pois possibilita a correta interpretação semiológica dos sinais e sintomas, fundamenta a localização topográfica de lesões e orienta a escolha de intervenções terapêuticas e de reabilitação personalizadas para cada paciente.

CONCLUSÃO

Este estudo observou que o sistema vestibular exerce papel essencial na manutenção do equilíbrio corporal, da estabilidade do olhar e

da orientação espacial, por meio da integração entre informações provenientes do labirinto, da visão e da propriocepção. Verificou-se, ainda, que o processamento vestibular não ocorre em uma única região isolada, mas em uma rede neuroanatômica ampla, composta pelos núcleos vestibulares, cerebelo, tálamo, vias tálamo-corticais e diferentes áreas corticais relacionadas à percepção do movimento, da verticalidade e do equilíbrio.

Além disso, o estudo evidenciou que o conhecimento da fisiologia e da organização neuroanatômica vestibular possui importante aplicação clínica, pois permite correlacionar a anamnese e o exame físico, incluindo a avaliação do equilíbrio, o reflexo vestibulo-ocular, as provas de posicionamento e a percepção visual subjetiva da vertical, com possíveis alterações vestibulares periféricas ou centrais.

Por conseguinte, a compreensão da organização neuroanatômica e funcional do sistema vestibular contribui para uma avaliação mais precisa dos quadros de tontura, vertigem e desequilíbrio. No entanto, considerando que a localização e a organização funcional do córtex vestibular humano ainda não estão completamente esclarecidas, novos estudos devem ser realizados para aprofundar a compreensão das áreas corticais envolvidas no processamento vestibular e suas implicações para o diagnóstico das alterações do equilíbrio.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BRONSTEIN, A.M. *et al.* A brief review of the clinical anatomy of the vestibular-ocular connections-how much do we know? *Eye*, v. 29, p. 163-170, 2015. DOI: 10.1038/eye.2014.262.

ESPINOSA-SANCHEZ, J.M. *et al.* Cajal's contributions to vestibular research. *Frontiers in Neuroanatomy*, v.18, p. 1476640, 2024. DOI: 10.3389/fnana.2024.1476640.

DIETERICH, M., & BRANDT, T. Perception of verticality and vestibular disorders of balance and falls. *Frontiers in Neurology*, 10, 172. 2019. DOI: 10.3389/fneur.2019.00172.

LOPEZ, C. & BLANKE, O. The thalamocortical vestibular system in animals and humans. *Brain Research Reviews*, v. 67, n. 1-2, p. 119-146, 2011. DOI: 10.1016/j.brainresrev.2010.12.002.

LACOUR, M. *et al.* Vestibular compensation: the neuro-otologist's best friend. *Journal of Neurology*, v.263, n. 1, p. S54-S64, 2016. DOI: 10.1007/s00415-015-7903-4.

GULRAIZ, S. *et al.* Neuroanatomical localization of the vestibular cortex: a case report. *Cureus*, v. 15, n. 6, p. e41061, 2023. DOI: 10.7759/cureus.41061.