



REVISIÓN SISTEMÁTICA

## Vestibular alterations associated with aging and their relationship with the risk of falls in older adults: a systematic review

### Alteraciones vestibulares asociadas al envejecimiento y su relación con el riesgo de caídas en el adulto mayor: una revisión sistemática

Segundo David Aguilera Quinto<sup>1,2</sup>  

Guanga Tobar Victoria Raquel<sup>3</sup>  

<sup>1</sup>Universidad del Museo Social Argentino, Buenos Aires, Argentina

<sup>2</sup>Ministerio de Salud Pública del Ecuador, Tungurahua, Ecuador

<sup>3</sup>Ministerio de Salud Pública del Ecuador, Quito, Ecuador

**Citar como:** Aguilera Quinto SD, Guanga Tobar VR. Vestibular alterations associated with aging and their relationship with the risk of falls in older adults: a systematic review. Invesalud: Journal of Research & Health Sciences. 2025; 1(2):28–35.

**Autor para la correspondencia:** Segundo David Aguilera Quinto 

**Enviado:** 015/07/2025

**Revisado:** 03/08/2025

**Aceptado:** 26/09/2025

**Publicado:** 17/10/2025

#### Abstract

**Objective:** To synthesize the available scientific evidence on vestibular disorders associated with aging and their relationship to the risk of falls in older adults, identifying the main clinical and diagnostic findings described in the literature. **Methodology:** A systematic review was conducted according to the 2020 PRISMA guidelines. A search was performed in PubMed, Scopus, and Google Scholar for studies published between 2015 and 2025, in Spanish and English. Observational studies, experimental studies, and systematic reviews that evaluated vestibular dysfunction, balance, and falls in older adults were included. Fourteen studies met the inclusion criteria and were analyzed using qualitative synthesis. **Results:** The studies showed that aging is associated with progressive vestibular deterioration, alterations in multisensory integration, and increased visual dependence. Vestibular dysfunction, even in mild cases, was related to postural instability, gait disturbances, and an increased risk of falls. **Conclusions:** Age-related vestibular disorders are a significant risk factor for falls in older adults. Evidence supports the need for integrated assessments for early detection of vestibular impairment.

**Keywords:** : Vestibular dysfunction; Aging; Falls; Postural balance; Older adults

#### Resumen:

**Objetivo:** Sintetizar la evidencia científica disponible sobre las alteraciones vestibulares asociadas al envejecimiento y su relación con el riesgo de caídas en el adulto mayor, identificando los principales hallazgos clínicos y diagnósticos descritos en la literatura. **Metodología:** Se realizó una revisión sistemática conforme a las directrices PRISMA 2020. Se efectuó una búsqueda en PubMed, Scopus y Google Académico de estudios publicados entre 2015 y 2025, en español e inglés. Se incluyeron estudios observacionales, experimentales y revisiones sistemáticas que evaluaran disfunción vestibular, equilibrio y caídas en adultos mayores. Catorce estudios cumplieron los criterios de inclusión y fueron analizados mediante síntesis cualitativa. **Resultados:** Los estudios evidenciaron que el envejecimiento se asocia con deterioro vestibular progresivo, alteraciones en la integración multisensorial y mayor dependencia visual. La disfunción vestibular, incluso en grados leves, se relacionó con inestabilidad postural, alteraciones de la marcha y mayor riesgo de caídas. **Conclusiones:** Las alteraciones vestibulares asociadas al envejecimiento constituyen un factor relevante en el riesgo de caídas del adulto mayor. La evidencia respalda la necesidad de evaluaciones integradas para una detección temprana del compromiso vestibular.

**Palabras clave:** Disfunción vestibular; Envejecimiento; Caídas; Equilibrio postural; Adultos mayores

## 1. Introducción

El envejecimiento poblacional constituye uno de los principales desafíos sanitarios del siglo XXI y se asocia a un aumento significativo de trastornos del equilibrio, mareo e inestabilidad postural en el adulto mayor. Estas alteraciones tienen un impacto directo en la funcionalidad y calidad de vida, ya que las caídas representan una de las principales causas de morbilidad, hospitalización y mortalidad accidental en este grupo etario <sup>(1)</sup>. A pesar de su alta prevalencia, el origen de las caídas suele ser complejo y multifactorial, lo que dificulta su detección temprana y abordaje preventivo.

El sistema vestibular desempeña un rol central en el control postural y la orientación espacial, y su deterioro relacionado con la edad ha sido ampliamente documentado. Estudios anatómicos y funcionales han demostrado que el envejecimiento se asocia a degeneración progresiva de células ciliadas, pérdida neuronal en las vías vestibulares y alteraciones en los reflejos vestibulo-oculares y vestibulo-espinales, incluso en ausencia de una patología vestibular claramente definida <sup>(2)</sup>. Estos cambios suelen desarrollarse de manera gradual y subclínica, lo que contribuye a que los síntomas de mareo e inestabilidad sean frecuentemente normalizados o atribuidos erróneamente al envejecimiento fisiológico.

El concepto de presbivértigo ha emergido para describir este deterioro vestibular asociado a la edad; sin embargo, su reconocimiento clínico continúa siendo limitado. La evidencia indica que alteraciones vestibulares leves, objetivables mediante pruebas como los potenciales miogénicos evocados vestibulares, pueden preceder a la aparición de caídas y reflejar un compromiso temprano del sistema otolítico <sup>(3)</sup>. Asimismo, la coexistencia de factores como enfermedad de pequeño vaso cerebral, polifarmacia y comorbilidades crónicas puede potenciar la inestabilidad postural y aumentar el riesgo de caídas <sup>(4,5)</sup>.

Adicionalmente, investigaciones recientes han señalado una relación entre la disfunción vestibular y el deterioro cognitivo en el adulto mayor, lo que refuerza la necesidad de un enfoque integral en la evaluación de estos pacientes <sup>(6)</sup>. No obstante, la evidencia disponible se encuentra dispersa, con heterogeneidad metodológica y variabilidad en los criterios diagnósticos utilizados.

En este contexto, resulta necesario realizar una revisión sistemática que sintetice la evidencia existente sobre las alteraciones vestibulares asociadas al envejecimiento y su relación con el riesgo de caídas en el adulto mayor, con el fin de identificar indicadores clínicos y funcionales relevantes que orienten la detección temprana, la toma de decisiones diagnósticas y el diseño de estrategias preventivas basadas en la evidencia.

## 2. Materiales y Métodos

En la presente investigación se empleó la metodología de revisión sistemática, desarrollada y reportada de acuerdo con las recomendaciones de la Declaración PRISMA 2020 (Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses), con el objetivo de garantizar la transparencia, reproducibilidad y rigor metodológico en cada una de las etapas del proceso de revisión <sup>(7)</sup>.

La revisión tuvo como finalidad sintetizar la evidencia científica disponible sobre las alteraciones vestibulares asociadas al envejecimiento y su relación con el riesgo de caídas en el adulto mayor, orientándose principalmente a la identificación de indicadores clínicos, funcionales y diagnósticos relevantes para la detección temprana. Para guiar el proceso de investigación se plantearon las siguientes preguntas:

- a) ¿Cuáles son las principales alteraciones vestibulares asociadas al envejecimiento en el adulto mayor?
- b) ¿Qué hallazgos clínicos y pruebas vestibulares se asocian con mayor riesgo de caídas?
- c) ¿Qué herramientas diagnósticas permiten identificar tempranamente el riesgo de caídas en esta población?

### 2.1. Estrategia de búsquedas

Se realizó una búsqueda sistemática de la literatura científica publicada entre 2015 y 2025 en las bases de datos PubMed, Scopus y Google Académico. Para la estrategia de búsqueda se emplearon

términos controlados y palabras clave en español e inglés, combinados mediante operadores booleanos AND y OR. En inglés, se utilizaron los términos: (“*vestibular dysfunction*” OR “*vestibular impairment*” OR “*presbyvertigo*”) AND (“*aging*” OR “*older adults*” OR “*elderly*”) AND (“*falls*” OR “*fall risk*”) AND (“*balance*” OR “*postural control*”).

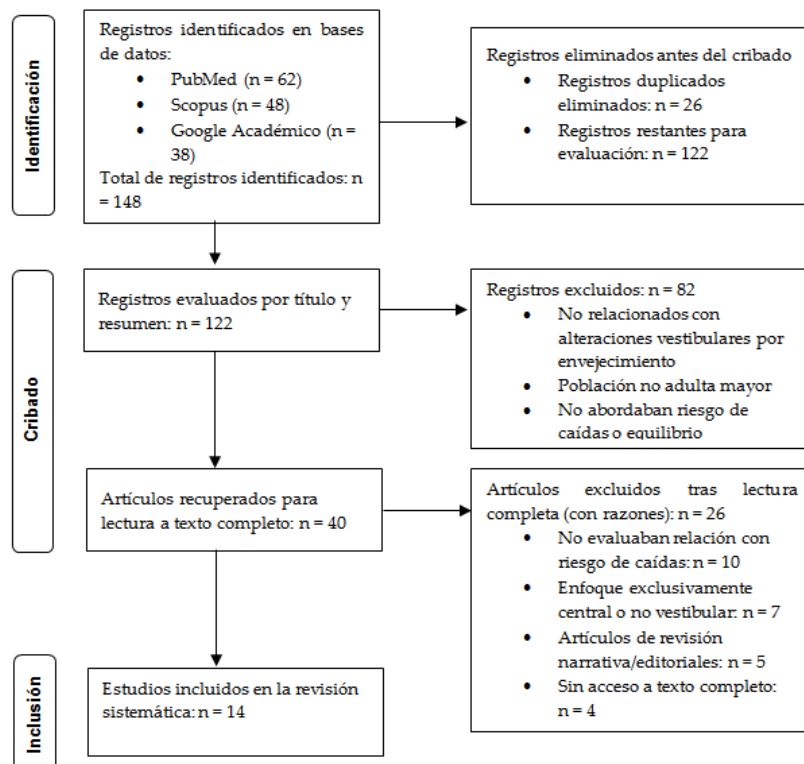
En español, se emplearon los siguientes términos equivalentes: (“*disfunción vestibular*” OR “*presbivértigo*”) AND (“*envejecimiento*” OR “*adulto mayor*”) AND (“*caídas*” OR “*riesgo de caídas*”) AND (“*equilibrio*” OR “*control postural*”).

## 2.2. Criterios de elegibilidad y selección de estudios

Se incluyeron artículos originales, estudios observacionales, estudios clínicos y revisiones sistemáticas, publicados en idioma español o inglés, cuyo contenido abordara alteraciones vestibulares relacionadas con la edad y su asociación con inestabilidad postural o caídas en adultos mayores. Se excluyeron tesis, editoriales, cartas al editor, estudios en otros idiomas y artículos publicados fuera del período establecido.

Inicialmente, se identificaron 148 registros a través de las bases de datos PubMed (n = 62), Scopus (n = 48) y Google Académico (n = 38). Posteriormente, se eliminaron 26 registros duplicados, quedando 122 artículos para la fase de cribado. Estos registros fueron evaluados mediante la revisión de títulos y resúmenes, excluyéndose 82 estudios por no estar relacionados con alteraciones vestibulares asociadas al envejecimiento, no incluir población adulta mayor o no abordar el riesgo de caídas o el equilibrio.

Como resultado de este proceso, se recuperaron 40 artículos para su lectura a texto completo. Tras esta evaluación, 26 estudios fueron excluidos por las siguientes razones: no evaluar la relación con el riesgo de caídas (n = 10), presentar un enfoque exclusivamente central o no vestibular (n = 7), corresponder a revisiones narrativas o editoriales (n = 5) o no contar con acceso a texto completo (n = 4). Finalmente, 14 estudios cumplieron con los criterios de inclusión y fueron considerados para la síntesis cualitativa de la presente revisión sistemática. El proceso completo de identificación, cribado, elegibilidad e inclusión de los estudios se presenta mediante un diagrama de flujo PRISMA (Figura 1), conforme a las directrices actualizadas de la Declaración PRISMA 2020 (7).



**Figura 1.** Proceso de identificación, cribado, elegibilidad e inclusión de estudios (PRISMA 2020)

### 2.3. Extracción de la información

La extracción de la información se realizó de manera sistemática a partir de los 14 estudios incluidos en la síntesis cualitativa. Para este proceso se utilizó una matriz de extracción de datos previamente diseñada, en la cual se registraron las siguientes variables: autor y año de publicación, país de origen, diseño del estudio, características de la población, tipo de evaluación vestibular empleada, variables relacionadas con el riesgo de caídas y principales hallazgos.

### 3. Resultados

**Tabla 1.** Descripción de los estudios seleccionados para la síntesis cualitativa

| Nº | Autor / Año                                   | Diseño del estudio               | Población / Muestra                            | Evaluación vestibular / Herramientas         | Variable relacionada con caídas | Principales hallazgos   |
|----|---|----------------------------------|--|--|---------------------------------|---|
| 1  | Allen <i>et al.</i> , 2016 <sup>(8)</sup>     | Revisión narrativa               | Adultos mayores                                | Pruebas vestibulares periféricas y centrales | Equilibrio e inestabilidad      | La pérdida vestibular relacionada con la edad contribuye a inestabilidad y caídas |
| 2  | Anson & Jeka, 2016 <sup>(9)</sup>             | Revisión narrativa               | Adultos mayores sanos                          | Evaluaciones vestibulares y sensoriales      | Control postural                | Alteración en la integración sensorial vestibular asociada al envejecimiento      |
| 3  | Iwasaki & Yamasoba, 2015 <sup>(10)</sup>      | Revisión narrativa               | Adultos mayores                                | Evaluación vestibular clínica                | Mareo y caídas                  | El declive vestibular por edad incrementa el riesgo de caídas                     |
| 4  | Maheu <i>et al.</i> , 2015 <sup>(11)</sup>    | Revisión narrativa               | Adultos mayores                                | vHIT, VEMP, pruebas calóricas                | Equilibrio                      | Cambios por edad dificultan la interpretación clínica de pruebas vestibulares     |
| 5  | Zalewski, 2015 <sup>(12)</sup>                | Revisión narrativa               | Adultos mayores                                | Evaluación vestibular periférica             | Equilibrio y marcha             | El envejecimiento vestibular afecta el control postural                           |
| 6  | Jahn <i>et al.</i> , 2015 <sup>(13)</sup>     | Revisión clínica                 | Adultos mayores                                | Evaluación clínica vestibular                | Inestabilidad de la marcha      | Mareo e inestabilidad frecuentes y multifactoriales en la vejez                   |
| 7  | Cerchiai <i>et al.</i> , 2017 <sup>(14)</sup> | Observación al transversal       | Adultos mayores con enfermedad de pequeño vaso | Evaluación vestibular periférica             | Inestabilidad postural          | Trastornos vestibulares periféricos frecuentemente subdiagnosticados              |
| 8  | Coto <i>et al.</i> , 2021 <sup>(15)</sup>     | Revisión narrativa               | Adultos mayores                                | Evaluación del sistema vestibular periférico | Déficits funcionales            | Pérdida vestibular asociada a déficits de equilibrio                              |
| 9  | Wagner <i>et al.</i> , 2021 <sup>(16)</sup>   | Revisión narrativa               | Adultos mayores                                | Pruebas vestibulares instrumentales          | Balance y estabilidad           | Dificultad para aislar el aporte vestibular al equilibrio                         |
| 10 | Gabriel <i>et al.</i> , 2022 <sup>(17)</sup>  | Estudio experimental transversal | Adultos jóvenes y mayores                      | Percepción vestibular (heave/pitch)          | Control postural                | Umrales vestibulares elevados se asocian a peor estabilidad                       |

|    |  |                                     |                           |                                      |                  |  |
|----|--|-------------------------------------|---------------------------|--------------------------------------|------------------|--|
| 11 | Alberts <i>et al.</i> , 2019 <sup>(18)</sup> | Estudio experimental                | Adultos jóvenes y mayores | Vertical subjetiva visual/vestibular | Equilibrio       | Reponderación sensorial con mayor dependencia visual           |
| 12 | Xing <i>et al.</i> , 2023 <sup>(19)</sup>    | Revisión narrativa                  | Adultos mayores           | Evaluación multisistémica            | Caídas           | Caídas relacionadas con alteraciones vestibulares y musculares |
| 13 | Fahim <i>et al.</i> , 2023 <sup>(20)</sup>   | Observacion al                      | Adultos mayores           | Protocolo de cribado audiovestibular | Riesgo de caídas | El cribado clínico permite detección temprana del riesgo       |
| 14 | Li <i>et al.</i> , 2024 <sup>(21)</sup>      | Revisión sistemática y metaanálisis | Adultos mayores           | Mareo autorreportado                 | Caídas futuras   | El mareo es predictor independiente de caídas                  |

**Fuente:** Datos extraídos de los estudios incluidos en la síntesis cualitativa (8–21).

Los 14 estudios incluidos en la revisión sistemática<sup>(8-21)</sup> presentaron una heterogeneidad metodológica en cuanto a diseño, población y herramientas de evaluación. Predominaron las revisiones narrativas y clínicas<sup>(8-13, 15, 16,19)</sup>, seguidas de estudios observacionales<sup>(14,20)</sup>, estudios experimentales transversales<sup>(17,18)</sup> y una revisión sistemática con metaanálisis<sup>(21)</sup>. Las investigaciones se desarrollaron principalmente en América del Norte, Europa y Asia, e incluyeron poblaciones de adultos mayores de 60 años, tanto sanos como con síntomas de mareo, inestabilidad postural o alteraciones del equilibrio.

En relación con las herramientas de evaluación vestibular, los estudios emplearon diversas metodologías, incluyendo evaluaciones vestibulares periféricas y centrales, pruebas clínicas del equilibrio, pruebas instrumentales como el video head impulse test (vHIT) y los potenciales miogénicos evocados vestibulares (VEMP), así como medidas perceptuales vestibulares<sup>(11,16-18)</sup>. Las variables relacionadas con caídas incluyeron antecedentes de caídas, riesgo de caídas, control postural, estabilidad de la marcha y mareo autorreportado<sup>(10,19-21)</sup>. Las principales características metodológicas y clínicas de los estudios incluidos se resumen en la Tabla 1.

La descripción de las características de los estudios se realizó de manera descriptiva, sin incorporar análisis interpretativos ni comparativos, con el propósito de contextualizar la evidencia disponible y fortalecer la solidez metodológica de la presente revisión sistemática, de acuerdo con las recomendaciones de PRISMA 2020.

#### 4. Discusión

La presente revisión sistemática sintetiza la evidencia disponible sobre las alteraciones vestibulares asociadas al envejecimiento y su relación con el riesgo de caídas en el adulto mayor. Los hallazgos de los estudios incluidos<sup>(8-21)</sup> confirman que el deterioro vestibular relacionado con la edad constituye un componente relevante y frecuentemente subdiagnosticado del desequilibrio y la inestabilidad postural en esta población, en concordancia con lo descrito previamente en la literatura geriátrica y neuro-otológica<sup>(1,2)</sup>.

Diversos estudios coinciden en que el envejecimiento produce cambios estructurales y funcionales progresivos del sistema vestibular, incluso en ausencia de patología vestibular definida<sup>(8, 10, 12,15)</sup>. Estos hallazgos respaldan el concepto de presbivértigo, entendido como un deterioro vestibular asociado a la edad que se manifiesta clínicamente mediante mareo, inestabilidad y marcha insegura. Este fenómeno ha sido descrito previamente como un proceso subclínico y gradual, lo que explicaría su frecuente infravaloración en la práctica clínica<sup>(2,6, 22)</sup>.

En relación con el control postural, los estudios de la muestra evidencian una alteración en la integración multisensorial, caracterizada por una mayor dependencia visual y una menor eficiencia de la información vestibular<sup>(9,16-18)</sup>. Estos resultados son coherentes con investigaciones experimentales que han demostrado un proceso de reponderación sensorial asociado al envejecimiento, en el cual el sistema nervioso central reduce el peso de señales vestibulares ruidosas y aumenta la dependencia de otros sistemas sensoriales<sup>(22,23)</sup>. Sin embargo, esta estrategia

compensatoria puede resultar insuficiente en contextos de baja iluminación o superficies inestables, incrementando el riesgo de caídas.

Respecto a la asociación entre disfunción vestibular y caídas, los estudios incluidos muestran que tanto el mareo como la inestabilidad postural se asocian de manera consistente con un mayor riesgo de caídas, incluso cuando las alteraciones vestibulares son leves <sup>(10, 19,21)</sup>. Estos hallazgos concuerdan con revisiones sistemáticas previas que identifican el mareo como un predictor independiente de caídas futuras en adultos mayores <sup>(24,29)</sup>. Asimismo, se ha señalado que la combinación de disfunción vestibular con otros factores propios del envejecimiento, como el deterioro musculoesquelético, los trastornos del sueño o el compromiso cognitivo, potencia el riesgo de caídas <sup>(19, 25,26)</sup>.

Desde el punto de vista diagnóstico, los estudios revisados ponen de manifiesto la limitada sensibilidad de las evaluaciones vestibulares aisladas para predecir caídas, destacando la necesidad de enfoques integrados que combinen pruebas vestibulares instrumentales, evaluaciones funcionales del equilibrio y protocolos clínicos de cribado <sup>(11,16,20)</sup>. Esta aproximación coincide con recomendaciones recientes que promueven la detección temprana del riesgo de caídas mediante estrategias clínicas multimodales en la población adulta mayor <sup>(3, 27,28)</sup>.

Finalmente, la heterogeneidad metodológica observada entre los estudios incluidos en términos de diseño, instrumentos de evaluación y definición de caídas limita la posibilidad de establecer conclusiones cuantitativas sólidas, pero refuerza la necesidad de futuras investigaciones que estandaricen criterios diagnósticos y medidas de resultado. No obstante, la evidencia disponible respalda la incorporación sistemática de la evaluación vestibular en el abordaje del adulto mayor con mareo o inestabilidad, no solo como parte del diagnóstico, sino también como una oportunidad para la prevención temprana de caídas.

La revisión presentó heterogeneidad metodológica entre los estudios incluidos, en cuanto a diseños, herramientas diagnósticas vestibulares y definición de caídas, lo que impidió realizar un metaanálisis. Además, predominó evidencia observacional, limitando la inferencia causal y la comparabilidad de resultados.

## 5. Conclusiones

La evidencia sintetizada en esta revisión sistemática indica que las alteraciones vestibulares asociadas al envejecimiento se encuentran consistentemente relacionadas con la inestabilidad postural y el aumento del riesgo de caídas en el adulto mayor. Los estudios incluidos muestran que el deterioro vestibular puede manifestarse de forma gradual y subclínica, lo que dificulta su identificación temprana. Asimismo, se observa que el mareo y la disfunción vestibular, incluso en grados leves, se asocian con mayor probabilidad de caídas. La heterogeneidad metodológica de los estudios revisados resalta la necesidad de enfoques diagnósticos integrados. En conjunto, los hallazgos respaldan la relevancia de considerar la función vestibular en el abordaje del adulto mayor con riesgo de caídas.

La revisión presentó heterogeneidad metodológica entre los estudios incluidos, en cuanto a diseños, herramientas diagnósticas vestibulares y definición de caídas, lo que impidió realizar un metaanálisis. Además, predominó evidencia observacional, limitando la inferencia causal y la comparabilidad de resultados.

Se recomienda desarrollar estudios prospectivos y longitudinales con criterios diagnósticos estandarizados, que integren evaluaciones vestibulares y funcionales del equilibrio. Asimismo, es necesario explorar biomarcadores vestibulares y protocolos de cribado que permitan predecir tempranamente el riesgo de caídas en adultos mayores.

**Fuentes de financiamiento:** Los autores financiaron este artículo.

**Conflicto de intereses:** Los autores declaran no tener ningún conflicto de intereses.

## 6. Referencias Bibliográficas

1. Agrawal Y, Merfeld DM, Horak FB, et al. Aging, Vestibular Function, and Balance: Proceedings of a National Institute on Aging/National Institute on Deafness and Other

- Communication Disorders Workshop. The Journals of Gerontology Series A [Internet]. 2020 Jul 3;75(12):2471–80. Available from: <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC7662183/>
2. Jones SM. Functional and structural aging of the vestibular system. Perspectives of the ASHA Special Interest Groups [Internet]. 2020 Oct 16;5(5):1166–74. Available from: [https://pubs.asha.org/doi/abs/10.1044/2020\\_PERSP-20-00164](https://pubs.asha.org/doi/abs/10.1044/2020_PERSP-20-00164)
  3. Jha RH, Piker EG, Gomez J. Effects of age on the frequency amplitude ratio of cervical and ocular vestibular evoked myogenic potentials. American Journal of Audiology [Internet]. 2024 Mar 12;33(2):411–21. Available from: [https://pubs.asha.org/doi/abs/10.1044/2024\\_AJA-23-00253](https://pubs.asha.org/doi/abs/10.1044/2024_AJA-23-00253)
  4. Ganança FF, Gazzola JM, Aratani MC, et al. Circumstances and consequences of falls in elderly people with vestibular disorder. Brazilian Journal of Otorhinolaryngology [Internet]. 2006 May 1;72(3):388–92. Available from: <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC9500538/>
  5. Bermúdez-Castellanos I, Almeida-Ayerve CN, Marcos-Alonso S, et al. Impacto de la enfermedad de pequeño vaso en la inestabilidad del anciano. Estudio descriptivo transversal. Revista ORL [Internet]. 2022 Jul 11;e28506. Available from: [https://scielo.isciii.es/scielo.php?pid=S2444-79862022000500004&script=sci\\_arttext&tlng=en](https://scielo.isciii.es/scielo.php?pid=S2444-79862022000500004&script=sci_arttext&tlng=en)
  6. Smith PF. Aging of the vestibular system and its relationship to dementia. Current Opinion in Neurology [Internet]. 2023 Nov 30;37(1):83–7. Available from: [https://journals.lww.com/co-neurology/abstract/2024/02000/aging\\_of\\_the\\_vestibular\\_system\\_and\\_its.12.aspx](https://journals.lww.com/co-neurology/abstract/2024/02000/aging_of_the_vestibular_system_and_its.12.aspx)
  7. Page MJ, McKenzie JE, Bossuyt PM, et al. Declaración PRISMA 2020: una guía actualizada para la publicación de revisiones sistemáticas. Revista Española De Cardiología [Internet]. 2021 Jul 21;74(9):790–9. Available from: <https://www.revespcardiol.org/es-declaracion-prisma-2020-una-guia-articulo-S0300893221002748>
  8. Allen D, Ribeiro L, Arshad Q, et al. Age-Related Vestibular Loss: Current understanding and future research directions. Frontiers in Neurology [Internet]. 2016 Dec 19;7:231. Available from: <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC5165261/>
  9. Anson E, Jeka J. Perspectives on aging Vestibular function. Frontiers in Neurology [Internet]. 2016 Jan 6;6:269. Available from: <https://www.frontiersin.org/journals/neurology/articles/10.3389/fneur.2015.00269/full>
  10. Iwasaki S, Yamasoba T. Dizziness and imbalance in the elderly: age-related decline in the vestibular system. Aging and Disease [Internet]. 2015 Jan 1;6(1):38. Available from: <https://www.aginganddisease.org/EN/10.14336/AD.2014.0128>
  11. Maheu M, Houde MS, Landry SP, et al. The effects of aging on clinical vestibular evaluations. Frontiers in Neurology [Internet]. 2015 Sep 22;6:205. Available from: <https://www.frontiersin.org/journals/neurology/articles/10.3389/fneur.2015.00205/full>
  12. Zalewski C. Aging of the human vestibular system. Seminars in Hearing [Internet]. 2015 Jul 9;36(03):175–96. Available from: <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC4906308/>
  13. Jahn K, Kressig RW, Bridenbaugh SA, et al. Dizziness and unstable gait in old age. Deutsches Ärzteblatt International [Internet]. 2015 Jun 5;112(23):387–93. Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/26157011/>
  14. Cerchiai N, Mancuso M, Navari E, et al. Aging with Cerebral Small Vessel Disease and Dizziness: The Importance of Undiagnosed Peripheral Vestibular Disorders. Frontiers in Neurology [Internet]. 2017 Jun 2;8:241. Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/28626444/>
  15. Coto J, Alvarez CL, Cejas I, et al. Peripheral vestibular system: Age-related vestibular loss and associated deficits. Journal of Otology [Internet]. 2021 Jun 11;16(4):258–65. Available from: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1672293021000271>
  16. Wagner AR, Akinsola O, Chaudhari AMW, et al. Measuring Vestibular Contributions to Age-Related Balance Impairment: A review. Frontiers in Neurology [Internet]. 2021 Feb 9;12:635305. Available from: <https://www.frontiersin.org/journals/neurology/articles/10.3389/fneur.2021.635305/full>

17. Gabriel GA, Harris LR, Gnanasegaram JJ, et al. Age-related changes to vestibular heave and pitch perception and associations with postural control. *Scientific Reports* [Internet]. 2022 Apr 19;12(1):6426. Available from: <https://www.nature.com/articles/s41598-022-09807-4>
18. Alberts BBGT, Selen LPJ, Medendorp WP. Age-related reweighting of visual and vestibular cues for vertical perception. *Journal of Neurophysiology* [Internet]. 2019 Jan 30;121(4):1279–88. Available from: <https://journals.physiology.org/doi/full/10.1152/jn.00481.2018>
19. Xing L, Bao Y, Wang B, et al. Falls caused by balance disorders in the elderly with multiple systems involved: Pathogenic mechanisms and treatment strategies. *Frontiers in Neurology* [Internet]. 2023 Feb 23;14:1128092. Available from: <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC9996061/>
20. Fahim DFM, Samy HM, Yousef AK. Proposal for a screening protocol for falls among old subjects attending the audio-vestibular clinic. *The Egyptian Journal of Otolaryngology* [Internet]. 2023 Aug 21;39(1). Available from: <https://link.springer.com/article/10.1186/s43163-023-00483-3>
21. Li Y, Smith RM, Whitney SL, et al. Association between dizziness and future falls and fall-related injuries in older adults: a systematic review and meta-analysis. *Age And Ageing* [Internet]. 2024 Sep 1;53(9). Available from: <https://academic.oup.com/ageing/article/53/9/afae177/7759636>
22. Ikeda K, Tanaka K, Tajima S, et al. Dizziness and unstable gait in the older adults are associated with vestibular hypofunction, muscle dysfunction and sleep disturbance: impact on prevention of accidental falls. *BMC Geriatrics* [Internet]. 2024 Dec 27;24(1):1042. Available from: <https://link.springer.com/article/10.1186/s12877-024-05620-y>
23. Nascimento GFFD, De Sousa Santos E, Aguiar MCF, et al. Relação entre a idade, o risco de queda e o nível de confiança no equilíbrio corporal com a função dos canais semicirculares. *Audiology - Communication Research* [Internet]. 2023 Jan 1;28. Available from: <https://www.scielo.br/j/acr/a/wQYW65mcpvNJB54sqWTtrWg/?lang=en>
24. De Toledo RC, Santos CDMD, Bento LBP, et al. Predictive factors for risk of falls and fear of falling in adult and older women with dizziness. *Fisioterapia E Pesquisa* [Internet]. 2024 Jan 1;31. Available from: <https://www.scielo.br/j/fp/a/yMkFvCQKchKS57hf9dVwCwn/?format=html&lang=en>
25. Jahn K. The aging vestibular System: dizziness and imbalance in the elderly. *Advances in Oto-rhino-laryngology* [Internet]. 2019 Jan 1;82:143–9. Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/30947233/>
26. Ma X, Shen J, Wang W, et al. Vestibular-related dizziness duration and cognitive deficits in older adults. *Alzheimer S & Dementia Translational Research & Clinical Interventions* [Internet]. 2025 Jul 1;11(3):e70153. Available from: <https://alz-journals.onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1002/trc2.70153>
27. Misketis C, Tadayyoni H, Yelder PC, et al. Subclinical neck pain alters gaze stability during the Vestibulo-Ocular reflex. *Applied Sciences* [Internet]. 2025 Dec 25;16(1):247. Available from: <https://www.mdpi.com/2076-3417/16/1/247>
28. Smith PF. Age-Related neurochemical changes in the vestibular nuclei. *Frontiers in Neurology* [Internet]. 2016 Mar 3;7:20. Available from: <https://www.frontiersin.org/journals/neurology/articles/10.3389/fneur.2016.00020/full>
29. Ji L, Zhai S. Aging and the peripheral vestibular system. *Journal of Otology* [Internet]. 2018 Nov 16;13(4):138–40. Available from: <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC6335476/>