

# Вікові особливості функціонування вестибулярного аналізатора

С.Н. Вадзюк, Р.М. Шмата, Т.А. Лебєдєва, Л.Б. Лозіна

Тернопільський національний медичний університет імені І.Я. Горбачевського МОЗ України;  
e-mail: roman@tdmu.edu.ua

*Основне значення вестибулярної системи – підтримка вертикального положення людини та забезпечення координації рухів. Особливість будови вестибулярного апарату спонукає його постійно перебувати у стані спонтанної активності. Це зумовлено впливом на нього аферентної імпульсації, яка надходить з лабіринтів до вестибулярних центрів. При належній збудливості ця інформація свідчить про нормальний перебіг фізіологічних реакцій. У зв'язку з цим особи із належною вестибулярною чутливістю симптомів порушення вестибулярної функції не відчують. Проте у випадках, коли спонтанна імпульсація змінюється внаслідок впливів зовнішніх та внутрішніх факторів, а механізми гальмування не активуються достатньою мірою, з'являються симптоми, які вказують на недостатність процесів компенсації вестибулярної аферентації, і є проявами підвищеної збудливості вестибулярного аналізатора. Підвищена чутливість вестибулярного аналізатора є поширеною серед населення. Водночас спостерігається тенденція до збільшення розповсюдженості її серед осіб різного віку. В огляді представлено сучасні погляди на особливості функціональної активності вестибулярного аналізатора у різні вікові періоди. Описано особливості розвитку, будови та рефлекторної діяльності аналізатора для забезпечення життєдіяльності організму від початку внутрішньоутробного розвитку до старості. Розглянуто функції забезпечення відчуття положення та переміщення тіла в просторі, підтримки як пози у стані спокою, так і під час руху у різні вікові періоди. Також проаналізовані дані про частоту виникнення симптомів порушення вестибулярного аналізатора.*

*Ключові слова: вестибулярний аналізатор; вестибулярна дисфункції; запаморочення; вікові періоди.*

## ВСТУП

Вестибулярно-сенсорна система цікава тим, що вона забезпечує підтримування положення та переміщення тіла в просторі, зумовлює орієнтацію та підтримку пози при всіх можливих видах діяльності людини як у стані спокою, так і під час руху [1–3].

Проблема вестибулярної стійкості при подразненні вестибулярного аналізатора є предметом досліджень науковців у різних напрямках [2, 4–8]. Встановлено, що внаслідок його збудження розвиваються кінетози, що супроводжуються нудотою, запамороченням, хиткістю ходи, загальною слабкістю тощо [9–11]. Ці реакції мають індивідуальний характер. Основним проявом підвищеної

вестибулярної чутливості є запаморочення. Скарги на нього зустрічаються у 20% населення Землі [12–14]. У сучасних наукових працях повідомляється про поширеність запаморочень до 39%, які можуть з'явитися в будь-якому віці [15]. Особи із симптомами вестибулярної дисфункції зазвичай мають труднощі у концентрації уваги та скаржаться на втрату пам'яті, втому [1]. Наслідком прогресування підвищеної чутливості вестибулярного аналізатора зазвичай є недостатня фізична активність протягом дня, дратівливість, невпевненість, страх, тривога, депресія або паніка [14]. Крім того, підвищена чутливість вестибулярного аналізатора може призвести до розвитку більш серйозних порушень діяльності різних систем організму, наприклад, до

артеріальної гіпертонії, яка має тяжчий перебіг, якщо сформувалася в осіб з підвищеною чутливістю вестибулярного аналізатора [10].

Проте здатність підтримувати рівновагу тіла, злагодженість і впорядкованість рухів, вікові особливості функціонування вестибулярного аналізатора недостатньо вивчені [2–5]. Не сформовано чітку періодизацію функціонування вестибулярного аналізатора у віковому аспекті. Тому дослідження вікових особливостей функціональної активності вестибулярної сенсорної системи є важливим.

Мета огляду – описати вікові особливості функціонування вестибулярної сенсорної системи.

Дослідження вікової фізіології проводиться на різних стадіях росту та розвитку з урахуванням їх морфологічних та функціональних особливостей. Відповідно до вікової класифікації життя людини, розрізняють такі періоди: ембріогенезу, новонародженості (від 1–10 днів), грудний вік (від 10 днів – до 1 року, період раннього дитинства (від 1 до 3 років), першого дитинства (від 4 до 7 років), та другого дитинства (8–12 для хлопчиків, 8–11 для дівчат) до підліткового (13–16 для хлопчиків, 12–15 для дівчат) та юнацького (17–21 для хлопців, 16–20 для дівчат) віку. Наступними періодами відповідно до вікової класифікації Всесвітньої організації охорони здоров'я є: 25–44 років – молодий вік; 44–60 років – середній вік; 60–75 років – похилий вік; 75–90 років – старечий вік; особи які досягли 90 років – довгожителі [16].

Якщо говорити про оцінку функціонального стану фізіологічної системи у різні вікові періоди, то слід враховувати такі основні характеристики, як: особливості будови, рефлекторну діяльність у досліджуваній віковий період, забезпечення життєвих функцій на високому рівні та можливі порушення функцій діяльності системи залежно від вікового періоду. Що стосується вивчення функціональної активності вестибулярного аналізатора, то це ще проводиться паралельно у різних проєкціях. Вони забезпечуються

провідниковими шляхами вестибулярного апарату, які досить численні і складні [15, 17–20], та є основою функціонування вестибулярного аналізатора, для забезпечення вестибулярних реакцій [7, 21]. Розрізняють вестибуло-сенсорні, вестибуло-соматичні, вестибуло-автономні та вестибуло-лімбічні проєкції [15].

Вестибуло-сенсорна проєкція забезпечує виникнення вестибуло-сенсорних реакцій: сприйняття руху та формування орієнтації у просторі та часі [12, 13]. Проявом вестибуло-сенсорних реакцій у осіб із підвищеною вестибулярною чутливістю можуть бути короткочасні потемніння в очах, запаморочення та головокружіння, порушення сприйняття простору та часу [12, 15]. Ці стани можуть супроводжуватися загальним загальмовуванням або навпаки, сильною дратівливістю.

Чисельність зв'язків вестибулярних ядер з багатьма руховими центрами нервової системи забезпечує підтримку положення тіла, тону м'язів, а також рухів очних яблук [4, 20]. Відповідальною за ці функції є вестибуло-соматична проєкція [21]. У її склад входять вестибуло-спінальні провідникові шляхи [19, 22]. У нормі вони забезпечують фізіологічний механізм вестибуло-соматичних реакцій.

Вестибуло-автономна проєкція забезпечує реакції організму, які виникають внаслідок подразнення вестибулярного аналізатора та пов'язані із рефлекторними реакціями автономної нервової системи [1, 6]. При надмірному подразненні вестибулярного аналізатора відбувається зрив адаптації виникнення специфічних реакцій автономної системи. Серед таких проявів є зміни частоти серцевих скорочень, артеріального тиску, тону судин, частоти дихальних рухів, збільшення потовиділення [11, 14, 19]. Також може змінюватися збудливість центрів автономного контролю моторики шлунково-кишкового тракту і, як наслідок, виникати нудота та блювання [23]. У науковій літературі такі зрушення вестибуло-автономних рефлексів

при надмірній збудливості вестибулярного аналізатора, називають хворобою руху, або кінетозом [9, 11].

Враховуючи розгалужену мережу між вестибулярною та лімбічною системою, автори припускають, що методи вестибулярної стимуляції можуть впливати на емоції, стрес та когнітивні функції [24, 25]. Однак типи вестибулярної стимуляції по-різному впливають на лімбічну систему, що проявляється покращенням або погіршенням настрою обстежуваних [26]. Вестибуло-лімбічна проєкція нині вивчена найменше [12, 15, 27, 28].

### **Особливості внутрішньоутробного розвитку вестибулярної сенсорної системи**

Вестибулярний апарат формується і дозріває раніше інших сенсорних систем і починає функціонувати вже у внутрішньоутробному періоді [29, 30]. Він стає повністю зрілим на ранніх його стадіях внутрішньоутробного розвитку.

Протягом 6-го тижня внутрішньоутробного розвитку мішечок утворює трубчастий виріст, який має назву завиткової протоки. Її оточує мезенхіма, яка швидко диференціюється в хрящ. На 10-му тижні ця хрящова мушля піддається вакуолізації, внаслідок чого формуються дві лімфатичні простори: присінкові та барабанні сходи. Після цього, завиткова протока відокремлюється від присінкових та барабанних сходів. Епітеліальні клітини завиткової протоки, які формують внутрішній і зовнішній гребінь спочатку є однаковими. У свою чергу зовнішній гребінь формує волоскові клітини, які разом із покривною мембраною утворюють орган Корті. Півколові канали з'являються також впродовж шостого тижня розвитку у вигляді плоских виростів маточкової частини вухного пухирця та формуються до сьомого тижня внутрішньоутробного розвитку плода. Один кінець кожного каналу розширюється утворюючи ампульну ніжку, інший – позаампульну. В ампулах утворюються ампульні гребінці, які містять чутливі клітини для

підтримання рівноваги. У маточці та мішечку розвиваються подібні чутливі ділянки – слухові плями. Під час формування вухного пухирця утворюється статоакустичний ганглії, який розщеплюється на завиткову та тибулярну частини, які іннервують чутливі клітини органа Корті, мішечка, маточки та півколових каналів [31].

Мієлінізація волокон по всьому аферентному шляху від периферії вестибулярного аналізатора до довгастого мозку відбувається між 14-м і 20-м тижнями внутрішньоутробного розвитку [32]. Різні рефлекторні реакції вестибулярного апарату з'являються на 4-му місяці внутрішньоутробного розвитку плода. Вони проявляються у вигляді зміни м'язового тону, скорочень м'язів кінцівок, шиї, тулуба, м'язів очей [30].

На 20-му тижні встановлюються зв'язки між ядрами присінкового і окоорухового нервів. На 21–22-му тижні починається мієлінізація волокон, які з'єднують ядра присінково-завиткового нерва довгастого мозку з руховими нейронами спинного мозку [32]. Висока збудливість вестибулярного аналізатора у внутрішньоутробний період розвитку пояснюється його впливом на розвиток нервової системи. Порушення його функції може негативно впливати на формування рухових функцій у майбутньому [33].

### **Формування вестибулярної активності у новонароджених**

З дозріванням фізіологічних процесів і анатомічних структур певні рефлекси розвитку можуть бути викликані при народженні або незабаром після нього. Зазвичай вони зникають з дорослішанням дитини і відображають насамперед цілісність стовбура головного і спинного мозку [34]. При вивченні руху очей звертають увагу на наявність ністагму – мимовільних ритмічних рухів очних яблук. Його поява може залежати від змін вестибулярної системи в ділянці лабіринту або їх зв'язків з окооруховими ядрами, ураженням мозочка [30].

У перші дні життя новонароджених можна спостерігати спонтанний, дрібнорозмашистий горизонтальний ністагм. У нормі він непостійний. При ураженні нервової системи у новонароджених можна встановити горизонтальний, вертикальний і ротаторний ністагм. Вестибулярна збудливість існує з народження і тренується при колиханні дитини, щоб змусити засинати [35].

У немовлят спостерігається багато рефлексів, пов'язаних з вестибулярним апаратом. Такі як розведення рук або пальців при погойдуванні ліжечка, рефлекс на положення дитини, під час годування грудьми, рефлекс погойдування тощо. Напрямок розмаху змінюється через 2-3 міс. Інформація від вестибулярного апарату важлива для формування рефлексів положення голови, сидіння і стояння.

Загальна поширеність вестибулярної дисфункції серед дітей оцінюється в межах від 8 до 18% [34]. Вестибулярна реакція на хитання головою в перші кілька тижнів життя проявляється сильним тремором рук. Вона спостерігається в 60% випадків на першому тижні, рідше на другому тижні і зникає на 2-3-му місяці [30, 32].

### **Особливості функціонування вестибулярного аналізатора у дітей і підлітків**

При вивченні функціональної активності вестибулярного аналізатора встановлено, що у дітей порівняно з дорослими він більш збудливий [32]. У здорових дітей автономні рефлексі під час розгойдування викликаються значно сильнішою вестибулярною стимуляцією, ніж при звичайній рефлекторній активності і заняттях спортом. Під впливом тренування вестибулярного апарату ці рефлексі знижуються і навіть можуть повністю зникнути. Встановлено, що розвиток вестибулярної функції у дітей, які систематично займаються спортом, відбувається на 2-3 роки швидше, ніж у дітей, які не займаються спортом [36]. У ранньому дитинстві ністагм слабо виражений [32]. Його розрахункова поширеність серед дітей у Великобританії

становить 24 на 10 000. Класифікують синдром дитячого ністагму і набутий ністагм. Їх встановлення зазвичай припадає на перші 6 міс життя (в середньому 1,9 міс) [37].

Досліджуючи питання про взаємозв'язок сенсорних систем у розвитку координаційних здібностей у дітей шкільного віку з порушеннями зору, Магомедова та Шестерова [38] вважали за необхідність введення спеціальних завдань, спрямованих на розвиток реагуючої та кінестетичної здібностей, здатність до збереження рівноваги та орієнтації в просторі, вправ на розслаблення на уроках фізичної культури. Вони дійшли висновку, що це підвищує специфічні показники функціонального стану зорового, слухового, вестибулярного і тактильного аналізаторів.

Вивчаючи вікові особливості функціонування вестибулярного апарату та їх вплив на координацію рухів, показники дитячих реакцій свідчать про те, що діти з адекватною вестибулярною стабільністю краще здатні виконувати певні рухи [39, 40]. За даними інших авторів [41, 42], у дітей 7 років показники статичної рівноваги, а саме, здатності зберігати й контролювати стаціонарне положення тіла, характерні для дорослих. Однак вона помітно знижена протягом першого і другого років із наступним зростанням. На їх думку, динамічна рівновага, а саме, здатність залишатися збалансованим у русі, швидко розвивається у два періоди шкільного віку: 7–9 і 10–11 років. Подібні відомості наведено іншими дослідниками [38], які також наголошують, що у дітей 7–10 років інтенсивно розвиваються ключові функціональні дії та функції динамічної рівноваги. Що стосується процесу адаптації вестибулярної сенсорної системи, то автори пояснюють, що її адаптивно-розвивальні механізми лежать в основі вдосконалення рефлекторних реакцій у процесі дозрівання і формування основних функцій вестибулярного аналізатора. Отже, виходячи з вищевикладеного, сензитивний період для розвитку цієї здатності становить

від 7 років до 12–13 років.

Бур'яноватий [2, 43], який займався дослідженням впливу вестибулярної проби на соматичні, вегетативні та сенсорні реакції юних бійців-багатоборців (6–8 років), визначив вірогідні зміни у експериментальній групі за більшістю показників. Серед них показники вестибуло-соматичної, вестибуло-автономної та вестибуло-сенсорної проєкцій. Він також дійшов висновку, що динаміка підвищення стійкості вестибулярного аналізатора у дітей із 7 до 17 років має поступовий характер. Найбільш різке підвищення стабільності відбувається в препубертатний період.

Таким чином, ці дослідження показують, що здатність підтримувати рівновагу у молодших школярів є недостатньою, але підвищується під впливом спеціальних вправ. Ці та інші дані демонструють, що помірна стимуляція вестибулярного аналізатора сприяє вдосконаленню рухових навичок дітей [44]. Про це також свідчать результати досліджень з використанням акробатичних вправ [43]. Автори стверджують, що ці вправи можуть адекватно розвивати стійкість вестибулярного апарату у дітей молодшого шкільного віку [44].

Проте у дітей можуть спостерігатись ознаки підвищеної вестибулярної чутливості. У дуже маленьких дітей їх можна запідозрити за зміною поведінки. Зазвичай при появі запаморочення дитина лежить на животі із закритими очима, щільно притиснута до бортика ліжечка і не хоче, щоб до неї торкалися. Страх, загальне нездужання і постійне бажання вчепитися за щось також є ознаками запаморочення. Запідозрити запаморочення можна, коли дитина не хоче вставати з ліжка після гострого захворювання. Під час запаморочення діти часто виглядають наляканими [32].

У дітей із вестибулярною дисфункцією також можуть з'являтися зміни в комунікативних навичках, когнітивні порушення, психологічні розлади, такі як соціальна

ізоляція та погана успішність у школі. Крім того, вони часто не знають, як спілкуватися і контролювати фізичні зміни, викликані такою дисфункцією [45].

Поширеність розладів підтримування рівноваги та вестибулярного апарату у дітей становить від 0,45 до 5,3 %, дещо вища у дівчаток, ніж у хлопчиків, і спостерігається тенденція до збільшення їх з віком. Диференціальна діагностика запаморочення у дітей відрізняється від такої у дорослих, оскільки деякі етіологічні фактори є специфічними для дітей, а деякі стани мають дуже різні показники захворюваності у дітей та дорослих [46].

Італійські вчені вказують на поширеність запаморочень приблизно у 10% дітей, здебільшого через порушення вестибулярного апарату [47]. Тому автори вважають, що удосконалення знань у вестибулярній сфері дасть змогу запровадити нові швидкі та неінвазивні клініко-інструментальні дослідження, ефективні для більшості пацієнтів у будь-якому віці, зберігаючи більш специфічні або інвазивні вивчення рідкісних випадків.

Крім того, є численні дослідження, що описують вплив вестибулярного стресу на організм дошкільнят, учнів середніх класів, школярів та студентів з порушеннями опорно-рухового апарату. Їхня важливість зумовлена вестибуло-соматичними реакціями, які є принциповими для забезпечення рухової діяльності дітей [48].

На кафедрі отоларингології Університету Земмельвейса (Угорщина) провели дослідження на групах осіб: до першої ввійшли діти (66 пацієнтів, <14 років), до другої – підлітки (79 пацієнтів, 14–18 років). Вестибулярні тести підібрані для перевірки трьох проєкцій вестибулярного аналізатора. Більшість обстежуваних відчували справжнє запаморочення. Частота дезорієнтованого запаморочення становила 38% у першій групі і 44% – у другій. Головні болі мали 21 дитина та 31 підліток. Що стосується вестибуло-автономних реакцій, то нудота і блювота були поширеними в обох групах. Нормальна

функціональна активність вестибулярного аналізатора спостерігалась у 36% дитячої групи та 39% підлітків. Найпоширенішою причиною запаморочення в групі підлітків (24%) були екстравестибулярні розлади, подібні до панічних і тривожних [49]. Вчені встановили, що поширеність вестибулярної дисфункції становить серед дітей і підлітків 30,4 % [8].

### **Функціональна активність вестибулярного аналізатора в осіб юнацького віку**

У осіб юнацького віку відмічали підвищену чутливість вестибулярного аналізатора. Вона простежується у 18% обстежених студентів віком від 18 до 21 року. У 12% випадків переважали ознаки вестибуло-вегетативної проєкції, у 43% – вестибуло-вегетативної та вестибуло-сенсорної проєкцій та у 45% – вестибуло-вегетативної, вестибуло-сенсорної та вестибуло-соматичної проєкцій [50]. Нейродинамічні особливості характеризувалися низькою функціональною рухливістю нервових процесів. Під час збудження вестибулярного аналізатора у юнаків збільшувалася тривалість рухових реакцій [51].

Після вестибулярного навантаження при метеоситуації III типу в осіб із підвищеною чутливістю вестибулярного аналізатора спостерігався серцевий тип саморегуляції кровообігу із низьким ступенем економності роботи серця, відбувалось зниження загального судинного периферійного опору та зростання пульсового тиску [52]. Також спостерігався підвищений нейротизм (високий був у 44% випадків, середній у – 37%, а низький – у 19%) порівняно із юнаками із належною чутливістю (високий нейротизм спостерігався у 17%, середній – у 50%, а низький – у 33%). Вплив підвищеного нейротизму разом із підвищеною чутливістю вестибулярного аналізатора у них спричиняв зниження самопочуття, настрою та підвищення ситуативної тривожності після вестибулярного навантаження [53]. Нейротизм, тривожність і чутливість вестибулярного аналізатора

взаємопов'язані [54–56]. Це підтверджується даними літератури, які свідчать, що в основі виникнення панічних нападів лежить складна взаємодія тривожних думок і неприємних соматичних відчуттів [57, 58]. Будь-який із цих факторів може бути як первинним, так і вторинним, а саме тривожні думки викликають соматичні, вегетативні та сенсорні реакції, такі як підвищене потовиділення, тремтіння, серцебиття, запаморочення, які, у свою чергу, інтерпретуються не правильно, а як ознаки неминучої небезпеки і призводять до ще більшої тривоги [59, 60].

З огляду на те, що у переважній більшості осіб з вестибулярною дисфункцією формуються певні особливості психічного стану, при плануванні діагностично-лікувальних заходів варто враховувати рівень нейротизму, особистісної та ситуативної тривожності обстежуваних [59, 61]. Адже у своїх дослідженнях науковці стверджують, що підвищений рівень тривожності впливає на кількість та вираженість симптомів у осіб із вестибулярною дисфункцією [56]. Вони це пояснюють тим, що вестибулярна сенсорна дисфункція, провокує запаморочення. Сенсорна інтеграція вестибулярної інформації, зору та пропріоцепції не відбувається, оскільки порушення сприйняття інформації з вестибулярної системи не збігається з отриманою інформацією від інших сенсорних систем. Симптоми вестибулярної дисфункції викликають занепокоєння в осіб із підвищеною вестибулярною чутливістю і тому є головним фактором, що призводить до розвитку тривожного стану, особливо у тих осіб, які схильні негативно реагувати на дезорієнтацію. Автори пояснюють це тим, що вестибулярна та мозочкова системи беруть участь не лише в руховій координації, але і впливають як на пізнання, так і на емоційну регуляцію. Мозочкова і вестибулярна системи демонструють взаємне поєднання із зонами мозку, що викликають тривогу і страх. Це відбувається через те, що мозочок має вирішальне значення для розвитку внутрішньої

моделі дій, а вестибулярна система важлива для сприйняття, рівноваги, пов'язаної з гравітацією, навігації та прийняття моторних рішень. Крім того, між цими двома системами існує тісний зв'язок, який полягає у співпраці між вестибулярною та мозочковою системами для координації емоційних когнітивних та вісцеральних реакцій. Тому автори припускають, що зміна функції однієї з систем може спровокувати порушення внутрішньої моделі та, як наслідок, потенційно тривожні розлади при депресивних станах [62].

### **Вестибулярні розлади в осіб молодого та середнього віку**

У США вестибулярна дисфункція встановлена у 18 % дорослих віком від 40 до 49 років [63]. У літературі ми знаходимо дані розповсюдженості симптомів порушення вестибулярного аналізатора серед дорослого населення у котрих діагностовано отосклероз [64]. Нині сформована суттєва доказова база, яка вказує, що всі запаморочення пов'язані зі станом вестибулярного аналізатора [12–14, 65], а вушні шуми – з вестибулярними порушеннями [66].

У хворих з діабетом за допомогою полі-модальних викликаних потенціалів при виявленні дисфункції всіх периферичних нервів, дослідники дійшли висновку, що найбільша з них виражена у вестибулярному периферичному органі [1]. Проводячи дослідження серед хворих на аритмію, науковці встановили, що 15–30% зумовлені вестибулярною дисфункцією. Також є статистичні дані, що у хворих зі скаргами на запаморочення, яким встановлено діагнози невроз, енцефаліт, епілепсія, є і вестибулярна дисфункція [66].

При дослідженні вестибулярної стійкості, встановлено, що при подразненні вестибулярного аналізатора знижується збудливість інших аналізаторів, і як наслідок, це призводить до зниження точності рухів, порушення рівноваги та погіршення працездатності [3, 67, 68].

Що стосується описаних у літературі

досліджень психофізіологічних особливостей хворих середнього віку (41,8 років) у яких діагностовано хронічну вестибулярну дисфункцію, то автори вказують на певні особливості психологічного статусу, які можуть впливати як на перебіг захворювання, так і на результат лікування [69]. Після проведення 3-річного спостереження за пацієнтами майже 2/3 все ще відчували постійне запаморочення. Отже, оскільки існує ризик хронізації, тому рекомендується враховувати психологічний стан при побудові програми реабілітації і прогнозуванні її ефективності [69–71].

### **Особливості функціонування вестибулярної сенсорної системи в осіб після 60 років**

У людей похилого віку запаморочення є серйозною проблемою, яка може набути масштабів епідемії протягом наступних 20–30 років. Правильна диференціація вестибулярної етіології, безсумнівно, буде критичним компонентом для лікування запаморочення у людей похилого віку [72].

Поширеність вестибулярної дисфункції зростає з віком. У США вона вражає 49% дорослих віком від 60 до 69 років і понад 80% людей старших за 80 років. У Коннектикуті 24% (261 з 1087) громадян старших за 72 роки повідомили про запаморочення; тоді як у Північній Кароліні – понад 30% людей похилого віку, а деякі можуть не повідомляти про запаморочення [73].

Найчастішою формою периферичної вестибулярної дисфункції є доброякісне пароксизмальне позиційне запаморочення, яке характеризується короткими нападами, спровокованими швидкими змінами положення голови відносно сили тяжіння. На його частку припадає 39% запаморочень у осіб 70 років і старше. Ця форма в 7 разів вища у 65-річних осіб порівняно з особами у віці від 15 до 40 років [73].

Вестибулярна дисфункція негативно впливає на якість життя у людей похилого віку. Падіння, внаслідок прогресування її, та

пов'язані з ними травми (наприклад, переломи, вивихи суглобів і травми голови) є шостою за значимістю причиною смерті. Люди після 60 років з вестибулярною дисфункцією мали загальні показники гірші порівняно з групою здорових дорослих. Це підтверджує, що вік негативно впливає на підтримування рівноваги [74].

Показано взаємозв'язок високої стійкості вестибулярного аналізатора та тривалості життя у осіб від 51 до 80 років. Середній термін спостереження становив 6,3 років. Нижчі показники тестування на підтримування рівноваги були пов'язані з вищою смертністю. Збільшення показника стійкості вестибулярного аналізатора поєднувалося з підвищенням тривалості життя на 21% [75].

Старіння вестибулярних структур із втратою волоскових клітин у внутрішньому вусі починається в ранньому віці, але вестибулярна функція зазвичай залишається відносно непорушеною до похилого віку. Однак запаморочення та порушення рівноваги є поширеними у людей похилого віку та суттєво впливають на якість життя. Запаморочення заважає виконувати повсякденну діяльність 30% людей старших за 70 років. Оскільки причин може бути багато, включаючи вестибулярні та невестибулярні компоненти, надзвичайно важливо виявити фактори, що призводять до запаморочення та порушення рівноваги, щоб підтримувати рухливість і уникнути вторинних ускладнень, таких як падіння і тривога. Були відмічені структурні зміни, вікова втрата вестибулярного ганглія та отоконія; зміни волоскових клітин нечітко виражені; субклітинні зміни ще належить дослідити. Визначення того, як початок вестибулярної дисфункції корелює зі структурною дегенерацією, дасть змогу зрозуміти механізми, що лежать в основі вестибулярного старіння [73].

Більш поширеними причинами запаморочення та порушення рівноваги у віці

після 60 років є сенсорні дефіцити, а саме: двобічна вестибулярна гіпофункція, полінейропатія та порушення гостроти зору; доброякісне пароксизмальне позиційне запаморочення; і центральні розлади, такі як мозочкова атаксія. Багато людей похилого віку мають декілька факторів ризику одночасно [76].

Волоскові клітини і нейрони вестибулярної системи не регенеруються і не збільшуються. Показано зменшення кількості вестибулярних волоскових клітин в осіб після 20 років та зменшення кількості нейронів вестибулярного ганглія після 50 років. Механізм вікової втрати клітин у вестибулярних органів ще не з'ясовано [77].

Встановлено зв'язок між зниженою вестибулярною функцією та змінами функції та структури центральної нервової системи у людей після 60 років. Такі висновки зробили вчені після обстеження здорових людей похилого віку між 2013 і 2017 р.р. Вони виявили, що вестибулярна дисфункція пов'язана зі значним зменшенням об'єму таламуса, базальних гангліїв і лівого гіпокампа. Примітно, що це дослідження є одним із перших, яке продемонструвало зв'язок між віковою втратою вестибулярного апарату та втратою сірої речовини в ділянках мозку, які отримують вестибулярний сигнал [78]. Є дані які пов'язують вестибулярну дисфункцію з когнітивними порушеннями у людей похилого віку. Такі прояви слід враховувати при лікуванні пацієнтів з вестибулярними розладами [79]. Також є дані про позитивний вплив на когнітивні функції тренування вестибулярного аналізатора (середній вік  $55,9 \pm 15,3$  років), включаючи зорово-просторове сприйняття, увагу з одночасним покращенням показників, пов'язаних із запамороченням, і психологічного дистресу [80].

Висновки авторів дають уявлення про специфічні структури мозку, які зазнають атрофії в контексті вікової втрати периферичної вестибулярної функції [78]. Оскільки поширеність вестибулярних порушень зро-



стає, вивчення вікових особливостей стають дедалі важливішими.

*The authors of this study confirm that the research and publication of the results were not associated with any conflicts regarding commercial or financial relations, relations with organizations and/or individuals who may have been related to the study, and interrelations of co-authors of the article.*

**S.N. Vadzyuk, R.M. Shmata, T.A. Lebedeva,  
L.B. Lozina**

### **AGE FEATURES OF THE VESTIBULAR ANALYZER**

*Horbachevsky Ternopil National Medical University;  
e-mail: roman@tdmu.edu.ua*

The main importance of the vestibular system is to maintain the vertical position of a person and ensure the coordination of movements. The peculiarity of the structure of the vestibular apparatus prompts it to be constantly in a state of spontaneous activity. This is due to the effect on it of afferent impulses that come from the labyrinths to the vestibular centers. With proper excitability, this information indicates the normal course of physiological reactions. In this regard, persons with normal vestibular sensitivity have not experience symptoms of impaired vestibular function. However, in cases where this spontaneous impulse changes due to the influence of external and internal factors, and the inhibition mechanisms are not sufficiently activated, symptoms appear that indicate the insufficiency of vestibular afferentation compensation processes and are manifestations of increased excitability of the vestibular analyzer. It is known from literary sources that increased sensitivity of the vestibular analyzer is widespread among the population. At the same time, there is a tendency to increase the prevalence of increased sensitivity of the vestibular analyzer among people of different ages. The review presents modern views on the peculiarities of the functional activity of the vestibular analyzer in different age periods. We describe features of development, structure and reflex activity to ensure the vital activity of the organism from the beginning of intrauterine development to old age. We considered functions of ensuring a sense of position and movement of the body in space, maintaining both a posture at rest and during movement in different age periods. We also analyzed data on the frequency of symptoms of a vestibular analyzer disorder.

Key words: vestibular analyzer; vestibular dysfunction; dizziness; age periods.

### **ВИСНОВКИ**

1. Вестибулярний апарат формується раніше від інших сенсорних систем і починає функціонувати вже у внутрішньоутробному періоді. У немовлят спостерігається багато рефлексів, пов'язаних з вестибулярним апаратом.

2. При вивченні поширеності вестибулярних порушень у дітей її важко точно оцінити. Успіх прямо залежить від вікового діапазону пацієнтів і доступних технологій вестибулярного тестування.

3. Найпоширенішою причиною запаморочення в групі підлітків (24%) є екстравестибулярні розлади, подібні до панічних і тривожних розладів.

4. В осіб юнацького віку підвищена чутливість вестибулярного аналізатора (18% обстежених).

5. Вестибулярна дисфункція відмічається у 18% дорослих віком від 40 до 49 років, що супроводжується супутніми патологіями, а також у 49% випадків осіб віком від 60 до 69 років і у понад 80% людей старших за 80 років.

### **REFERENCES**

1. Barna OM, Kirgan AV. Vestibulopathy caused by diabetes mellitus in the practice of family doctors. *Bull Probl Biol Med.* 2015;3(1):12-4. [Ukrainian].
2. Buryanovatyi OM. Increasing the vestibular stability of all-round fighters at the stage of initial training. *Sports Bull Dnieper.* 2017;2:40-2. [Ukrainian].
3. Moiseienko O, Horchaniuk, Yu, and Horchaniuk V. Determination of the functional state of the vestibular analyzer volleyball players of 14-15 years under the influence of specially directed exercises. *Slobozhan Sci Sport Bull.* 2015;2(46):133-7. [Ukrainian].
4. Cullen KE. Vestibular processing during natural self-motion: implications for perception and action. *Nat Rev Neurosci.* 2019; 20:346-63.
5. Coto J, Alvarez CL, Cejas I, Colbert BM, Levin BE, Huppert J, et al. Peripheral vestibular system: Age-related vestibular loss and associated deficits. *J Otol.* 2021;16(4):258-65.
6. Andreyuk NL. The impact on the blood system of angular and linear vestibular pressure for different age groups of fencers. *Sci Period Cherkasy Natl Univ.* 2018;2:8-14. [Ukrainian].

7. Nakul E, Bartolomei F, Lopez C. Vestibular-evoked cerebral potentials. *Front Neurol.* 2021;12:674100.
8. Saniasiaya J, Islam MA, Salim R. The global prevalence of vestibular dysfunction in children and adolescents: a systematic review and meta-analysis. *Eur Arch Otorhinolaryngol.* 2023;280(6):2663-74.
9. Ishmael UC, Rashid SS, Chibuikue UB. Kinetosis: all you need to know. *J Biotechnol Sci Res.* 2014;1(3):63-74.
10. Dr. Trinus K and MD Trinus O. Vestibular disorder triggers hypertension. *J Hypertens (Los Angel).* 2020;9:5.
11. Lee ES, Lee TK. Interaction of autonomic and vestibular system. Review. *Res Vestibul Sci.* 2018;17(1):1-7.
12. Trinus K. Dizziness as interdisciplinary problem. *Int Neurolog J.* 2016;6:91-101.
13. Trinus KF, Claussen C-F. International Clinical Protocol on Vestibular Disorders (Dizziness). *Neurootology Newsletter.* 2014;10(1).
14. Lopes AR, Moreira MD, Trelha CS, Marchiori LL. Association between complaints of dizziness and hypertension in non-institutionalized elders. *Int Arch Otorhinolaryngol.* 2013;17(02):157-62.
15. Trinus KF. Dizziness correlation with hypertension. *Int Neurol J.* 2015; 4 (74): 13-9. [Ukrainian].
16. Dyussenbayev A. Age periods of human life. *Adv Soc Sci Res J.* 2017; 4(6) 258-63.
17. Kabade V, Hooda R, Raj C, Awan Z, Young AS, Welgampola MS, Prasad M. Machine learning techniques for differential diagnosis of vertigo and dizziness: A Review. *Sensors.* 2021; 21(22):7565.
18. Bogle JM. Clinical evaluation of the vestibular nerve using vestibular evoked myogenic potentials. *J Clin Neurophysiol.* 2018;35;1:39-47.
19. Holstein GR, Friedrich VL Jr, Martinelli GP. Projection neurons of the vestibulo-sympathetic reflex pathway. *J Compar Neurol.* 2014;522(9):2053-74.
20. Khan S, Chang R. Anatomy of the vestibular system: A Review. *NeuroRehabilitat.* 2013;32(3):437-443.
21. de Lahunta A, Glass E. Vestibular system: Special proprioception. *Vet Neuroanat Clin Neurol.* 2009:319-47.
22. McCall AA, Miller DM and Yates BJ. Descending influences on vestibulospinal and vestibul sympathetic reflexes. *Front Neurol.* 2017;8:112.
23. Suzuki T, Sugiyama Y, Yates BJ. Integrative responses of neurons in parabrachial nuclei to a nauseogenic gastrointestinal stimulus and vestibular stimulation in vertical planes. *Am J Physiol-Regulat, Integr Comparative Physiol.* 2012;302(8):965-75.
24. Rajagopalan A, Jinu KV, Sailesh KS, Mishra S, Reddy UK, Mukkadan JK. Understanding the links between vestibular and limbic systems regulating emotions. *J Nat Sci, Biol, Med.* 2017;8(1):11-5.
25. Rajagopalan A, Kumar SS, Mukkadan JK. Effect of vestibular stimulation on auditory and visual reaction time in relation to stress. *J Adv Pharm Technol Res.* 2017; 8(1):34-8.
26. Rajagopalan A, Jinu KV, Sailesh KS, Mishra S, Reddy UK, Mukkadan JK. Understanding the links between vestibular and limbic systems regulating emotions. *J Nat Sci Biol Med.* 2017 Jan-Jun;8(1):11-15.
27. Gamba P. Vestibular- limbic relationships: Brain mapping. *Insights Depress Anxiety.* 2018; 2: 007-013.
28. Soza AM. Vestibular activity through mood phases in bipolar disorder. *Int Tinnitus J.* 2018;22(2):109-12.
29. Ionov IA, Komisova Tie. The physiology of sensory systems: guidelines. Kharkiv: ChP Petrov VV. 2018. [Ukrainian].
30. Frolova TV, Stenkova NF, Tereshchenkova II, Sinyayeva IR. Neuropsychological development of young children: method. order for students of the 3rd year of med. facts - Kharkiv: KhNMU, 2020. [Ukrainian].
31. Helwany M, Arbor TC, Tadi P. Embryology, Ear. [Updated 2022 Aug 14]. In: StatPearls [Internet]. Treasure Island (FL): StatPearls Publishing; 2023 Jan-.
32. Kosakovsky A, Yurochka F. Children's otology. Lviv. 2017. [Ukrainian].
33. Taran M. Vestibular disorders in childhood. *Medicine of the world.* 12. 2016. [Ukrainian].
34. O'Reilly R, Grindle C, Zwicky EF, Morlet T. Development of the vestibular system and balance function: differential diagnosis in the pediatric population. *Otolaryngol Clin North Am.* 2011;44(2):251-71.
35. Chebotaryova OV, Blech GO, Gladchenko IV, Bobrenko IV, Myakushko OI, Sukhina IV, Trikoz SV. Corrective and developmental technologies for teaching children with complex developmental disorders / educational and methodological manual. 2020. [Ukrainian].
36. Chustrak AP. Statokinetic stability of schoolchildren. Monograph. 2015. [Ukrainian].
37. Self JE, Dunn MJ, Erichsen JT, Gottlob I, Griffiths HJ, Harris C, Lee H, Owen J, Sanders J, Shawkat F, Theodorou M, Whittle JP; Nystagmus UK Eye research group (NUKE). Management of nystagmus in children: a review of the literature and current practice in UK specialist services. *Eye (Lond).* 2020 Sep;34(9):1515-34.
38. Magomedova LO, Shesterova LE. The role of sensory systems in the development of coordination abilities of school-age children with visual impairments. *Slobozhan Herald Sci Sport* 2013;2:5-9. [Ukrainian].
39. Cronin GW. Pediatric vestibular disorders. 2012;15:1-8.
40. Nesterchuk NE, Sydoruk IO, Zarichnyuk IR, Chopovsky DP. Development of coordination abilities of a child of primary school age. RFRARL [Internet]. 2022;(13):121-5. [Ukrainian].
41. Beseda VV. Peculiarities of motor status of children of preschool age category «Practically healthy». *Sci Educat.* 2014;4:22-7. [Ukrainian].
42. Kuzmenko, I.O. Development of the coordination abilities of the middle school students taking into account the functional state of sensory functions: abstract of dissertation for the degree of candidate of sciences in physical education and sport: specialty 24.00.02 «Physical culture, physical education of different groups of the population». Kharkiv: KhDAFK, 2013. [Ukrainian].

43. Buryanovaty O.M. Determination of reliability of building the system of training young fighters-multiathlons in the 6-8 years of initial training groups. The European scientific Community. *Sci Eur*. 2016;1(1):7-11. [Ukrainian].
44. Voropay SM, Buryanovaty OM. The influence of special acrobatic classes on the expression levels of sustainability of the vestibular analyzer of young 6-8 yearold all-round fighters attending basic training groups. *Pedagogics, psychology, medicalbiological problems of physical training and sports*. 2014;11:13-6. [Ukrainian].
45. Duarte DSB, Cabral AML, Britto DBLA. Vestibular assessment in children aged zero to twelve years: an integrative review. *Braz J Otorhinolaryngol*. 2022;88 Suppl 3:S212-S24.
46. Gedik-Soyuyuce O, Gence-Gumus Z, Ozdilek A, Ada M, Korkut N. Vestibular disorders in children: A retrospective analysis of vestibular function test findings. *Int J Pediatr Otorhinolaryngol*. 2021;146:110751.
47. Balzanelli C, Spataro D, Redaelli de Zinis LO. Prevalence of pediatric and adolescent balance disorders: Analysis of a mono-institutional series of 472 patients. *Children (Basel)*. 2021;8(11):1056.
48. Pomeschikova I, Iermakov S, Bartik P, Shevchenko O, Nosko M, Yermakova T, Nosko Yu. Influence of exercises and games with ball on vestibular stability of students with muscular-skeletal apparatus disorders. *Sport Sci*. 2016;9:75-83. [Ukrainian].
49. Szirmai A. Vestibular disorders in childhood and adolescents. *Eur Arch Otorhinolaryngol*. 2010;267(11):1801-4.
50. Vadzyuk SN, Shmata RM, Mykhaliuk OL. Vestibular dysfunction prevalence among addescents. *Bulletin of social hygiene and health protection organization of Ukraine. Sci Pract J*. 2017;1(71):24-8. [Ukrainian].
51. Vadzyuk S, Shmata R. Neurdyamic features of young people with different duration of vestibular illusion. *Eureka: Life Sci*. 2019;6:58-62.
52. Vadzyuk S, Shmata R, Lozina L. Influence of vestibular loading on the circulatory system in various types of weather. *Art Med*. 2019;4(12):36-43. [Ukrainian].
53. Vadzyuk S, Shmata R. Psychophysiological specifics in persons of juvenile age with high vestibular sensivity. *Exp Clin Physiol Biochem*. 2019;3(87):61-7. [Ukrainian].
54. Felipe L. Anxiety and vestibular disorders: a frequent related. *Int J Family Commun Med*. 2017;1(2):47-8.
55. Hilber P, Cendelin J, Le Gall A, Machado ML, Tuma J, Besnard S. Cooperation of the vestibular and cerebellar networks in anxiety disorders and depression. *Progr Neuro-Psychopharmacol Biol Psychiatr*. 2019;89:310-21.
56. Kolev OI, Georgieva-Zhostova SO, Berthoz A. Anxiety changes depersonalization and derealization symptoms in vestibular patients. *Behav Neurol*. 2014;847054.
57. Limburg K, Dinkel A, Schmid-Mühlbauer G, Sattel H, Radziej K, Becker-Bense S, Henningsen P, Dieterich M, Lahmann C. Neurologists' assessment of mental comorbidity in patients with vertigo and dizziness in routine clinical care-comparison with a structured clinical interview. *Front Neurol*. 2018;9:957.
58. Staab J, Balaban CD, Furman JM. Threat assessment and locomotion: clinical applications of an integrated model of anxiety and postural control. *Seminars Neurol*. 2013;33(3):297-306.
59. Coelho CM, Balaban CD. Visuo-vestibular contributions to anxiety and fear. *Neurosci Biobehav Rev*. 2015;48:148-59.
60. Decker J, Limburg K, Henningsen P, et al. Intact vestibular function is relevant for anxiety related to vertigo. *J Neurol*. 2019;266:89-92.
61. Teh CS, Prepageran N. The impact of disease duration in persistent postural-perceptual dizziness (PPPD) on the quality of life, dizziness handicap and mental health. *J Vestib Res*. 2022; 32(4):373-80.
62. Hilber P, Cendelin J, Le Gall A, Machado ML, Tuma J, Besnard S. Cooperation of the vestibular and cerebellar networks in anxiety disorders and depression. *Progr Neuro-Psychopharmacol Biol Psychiatr*. 2019;89:310-21.
63. Lingchao Ji, Suoqiang Zhai. Aging and the peripheral vestibular system. *J Otolaryngol*. 2018;13(4):138-40.
64. N. Catalano, G. Cammaroto, B. Galletti, F. Freni, R. A. Nicita, C. Azielli, and F. Galletti. The role of cVEMPs and vHIT in the evaluation of otosclerosis and its eventual vestibular impairment: preliminary findings. *B-ENT*. 2017, 13, 31-6.
65. Honcharuk OO, Trinus KF. Origin of dizziness. *Int Neurolog J*. 2019;7(109):17-21. [Ukrainian].
66. Trinus K, Claussen CF. International Clinical Protocol on Vestibular Disorders (Dizziness). *Int Tinnitus J*. 2017;21(2):168-78.
67. Jamon M. The development of vestibular system and related functions in mammals: impact of gravity. *Front Integr Neurosci*. 2014;8:11.
68. Kingma H, van de Berg R. Anatomy, physiology, and physics of the peripheral vestibular system. *Handb Clin Neurol*. 2016;137:1-16.
69. Tschan R, Best C, Wiltink J, Beutel ME, Dieterich M, Eckhardt-Henn A. Persistence of symptoms in primary somatoform vertigo and dizziness: a disorder lost in health care? *J Nervous Mental Dis*. 2013;201(4):328-33.
70. Sakagami M, Kitahara T, Okayasu T, Yamashita A, Hasukawa A, Ota I, et al. Negative prognostic factors for psychological conditions in patients with audiovestibular diseases. *Auris nasus larynx*. 2016;43:632-6.
71. Ak AK, Çelebisoy N, Özdemir HN, Gökçay F. Vestibular migraine and persistent postural perceptual dizziness: Handicap, emotional comorbidities, quality of life and personality traits. *Clin Neurol Neurosurg*. 2022; 221:107409.
72. Zalewski CK. Aging of the Human Vestibular System. *Semin Hear*. 2015;36(3):175-96.
73. Ji L, Zhai S. Aging and the peripheral vestibular system. *J Otol*. 2018;13(4):138-40.
74. Pedalini ME, Cruz OL, Bittar RS, Lorenzi MC, Grasel SS. Sensory organization test in elderly patients with and without vestibular dysfunction. *Acta Otolaryngol*. 2009

- Sep;129(9):962-5.
75. Brito LB, Ricardo DR, Araújo DS, Ramos PS, Myers J, Araújo CG. Ability to sit and rise from the floor as a predictor of all-cause mortality. *Eur J Prev Cardiol.* 2014;21(7):892-8.
76. Lea J, Pothier D. Vestibular disorders. *Adv Otorhinolaryngol.* Basel, Karger, 2019;82:143-9.
77. Iwasaki S, Yamasoba T. Dizziness and imbalance in the elderly: Age-related decline in the vestibular system. *Aging Dis.* 2014 Feb 9;6(1):38-47.
78. Dominic Padova, J. Tilak Ratnanather, Qian-Li Xue, Susan M. Resnick, Yuri Agrawal. Linking vestibular function and sub-cortical grey matter volume changes in a longitudinal study of aging adults. *Aperture Neuro.* 2020.
79. Smith PF. The vestibular system and cognition. *Curr Opin Neurol.* 2017;30(1):84-9.
80. Sugaya N, Arai M, Goto F. Changes in cognitive function in patients with intractable dizziness following vestibular rehabilitation. *Sci Rep.* 2018;8(1):9984.

*Матеріал надійшов  
до редакції 02.06.2023*