

УДК. 611.212.013.018

DOI: 10.24061/1727-0847.24.2.2025.34

В. С. Пикалюк, О. П. Антонюк*, О. М. Слободян*, В. С. Кабарчук, О. М. Бойчук*

*Кафедра анатомії людини (зав. – проф. Т. Я. Шевчук) Волинського національного університету імені Лесі Українки, м. Луцьк; *кафедра анатомії, клінічної анатомії та оперативної хірургії (зав. – проф. О. М. Слободян) закладу вищої освіти Буковинського державного медичного університету МОЗ України, м. Чернівці*

ВОМЕРОНАЗАЛЬНИЙ ОРГАН ЛЮДИНИ

Резюме. Органи чуття передають фізичні (зір, слух і дотик) або хімічні (нюх і смак) сигнали. Зокрема, хеморецептори респіраторного епітелію анатомічно пов'язані зі структурами лімбічної системи, а отже, сприяють формуванню емоцій, спогадів та поведінки. Мета дослідження. Дослідити функції вомероназального органа (ВНО) у людини та окреслити перспективи подальших досліджень на цю тему. Матеріал і методи. У роботі проведено науковий аналіз даних оригінальних дослідницьких публікацій у [PubMed] [Google Scholar] щодо морфології та фізіології вомероназальної системи за останні двадцять п'ять років. З літературних даних випливає, що не існує єдиної думки щодо анатомічної будови, процесів становлення, розвитку, функціонування, статеві-вікових змін ВНО людини, який структурно є слипим каналом у слизовій оболонці перегородки носа. Не встановлені його морфологічні параметри та вікові зміни функціонування у постнатальному періоді. Не доведена його роль у сприйманні ароматичних сполук та анатомічний зв'язок з ЦНС. Людський ВНО, ймовірно, не є критично важливим життєзабезпечувальним органом людського буття, а представляє собою функціональний еволюційний залишок (структурний атавізм).
Ключові слова: вомероназальний орган, онтогенез, голова, носова перегородка, передплоти, людина.

Органи чуття передають фізичні (зір, слух і дотик) або хімічні (нюх і смак) сигнали. Зокрема, хеморецептори респіраторного епітелію анатомічно пов'язані зі структурами лімбічної системи, а отже, сприяють формуванню емоцій, спогадів та поведінки. В нюхових цибулинах знаходяться тіла нейронів, відростки яких формують нюховий шлях і закінчуються в нюховому трикутнику, передній пронизаний речовині та прозорій перегородці. В закрутці морського коника (гіпокампа) розміщується кірковий кінець нюхового аналізатора [1]. Паралельно з нюховою системою є вомероназальна, а вомероназальний орган (ВНО) є основним органом, залученим до цієї системи [2]. ВНО, або Якобсонів орган, – білатеральне трубчасте утворення, розташоване в слизовій оболонці перегородки носа. У дорослої людини вперше описаний Руйшем в 1703 р. [3], а століттям пізніше,

в 1811 році, Якобсон описав основні анатомічні характеристики ВНО різних видів, після чого орган і отримав його ім'я. Потім була описана топографія та розміри ВНО [4]. У тварин аксони біполярних чутливих нейронів епітелію ВНО утворюють безмієлінові нитки вомероназального нерва (або n. terminalis), котрі проходять через отвори дірчастої пластинки решітчастої кістки та прямують до додаткової нюхової цибулини у передній черепній ямці. У людини даної структури не виявлено, тому не доведений жодний зв'язок ВНО зі структурами ЦНС. У першій половині ХХ століття вважалося, що ВНО атрофується під час пренатального розвитку та у дорослих особин він відсутній. Інтерес до ВНО відродився, коли було виявлено вплив феромонів на репродукцію та сексуальну поведінку тварин [5]. У 1970-х роках були представлено перші докази того, що ця система була спеціалізова-

на виявленні феромонів, які є речовинами, які уможливають хімічну комунікацію між особинами одного виду.

Деякі вчені приписують йому функцію вивідної протоки для залоз слизової оболонки носової перегородки, або ж взагалі заперечують функціональність органа, посиляючись на відсутність в його епітелії характерних сенсорних нейронів і нервових закінчень, що їх зв'язують [6].

Виникає питання – чи бере участь ВНО у сприйнятті нюхових сигналів у людини? Навряд. Перш за все, у ВНО дорослої людини відсутні нейрони та нервові волокна. По-друге, люди позбавлені додаткової нюхової цибулини, яка отримує інформацію від клітин вомероназального рецептора, і, по-третє, гени, що кодують білки вомероназального рецептора, і специфічні іонні канали, залучені в процес трансдукції, ідентифіковані у видів з функціональним ВНО, мутували і є нездатними до експресії, тобто є нефункціональними [7]. Хоча ВНО є у переважній більшості дорослих людей, він, ймовірно, не виконує функції хеморецепції. Однак це не виключає феромонний зв'язок у людей, оскільки інші сенсорні системи, такі як орган нюху, можуть брати участь у виявленні феромонів. Наявність морфологічних зв'язків клітин ВНО з капілярами, а також експресія кальційзв'язувального білка в частині цих клітин може свідчити про його ендокринну активність [8]. За своєю структурою ВНО є хемосенсорним органом, морфологічно подібним до респіраторного епітелію [9]. ВНО представляє інтерес для психіатрів, сексологів та психологів і збагачує наші знання про різноманітність фізіологічних функцій при розробці методів терапії психопатологій.

Мета дослідження: дослідити функції вомероназального органа у людини та окреслити перспективи подальших досліджень на цю тему.

Матеріал і методи. У роботі проведено науковий аналіз даних оригінальних дослідницьких публікацій у [PubMed] [Google Scholar] щодо морфології та фізіології вомероназальної системи за останні двадцять п'ять років.

Онтогенетичний розвиток ВНО у людини починається з утворення епітеліального потовщення на медіальній стінці носової порожнини приблизно на 33 день ембріонального розвитку. Внаслідок інвагінації формується каналець, який перетворюється на трубку, що збільшується в довжину та об'ємі. Наприкінці 7-го тижня завершується формування порожнини носа. ВНО має вигляд парних епітеліальних трубок, які відкриваються в носову порожнину і розміщені у підслизовій основі передньої третини носової перегородки. У передплідів

слизова оболонка носа щільно зв'язана з окістям і охрястям, вистелена багаторядним циліндричним епітелієм. Товщина слизової оболонки варіює від 0,6 до 1,0 мм. У стінці судин виявляються гладенькі м'язові та еластичні волокна. Гістологічні дослідження підтверджують наявність органа Якобсона. У плодів ВНО виглядає як парні трубки, оточені дрібними кровоносними судинами з автономною іннервацією. Щільність рецепторних нейронів максимальна на початку і зменшується до сліпого кінця, де розташовані келихоподібні клітини. У людей не виявлено печеристої тканини навколо ВНО, що обмежує його функцію. На 28-му тижні вагітності не спостерігається внутрішньоєпітеліальних кровоносних судин і мітозів, що може свідчити про дегенерацію вомероназальних органів. У плодів періоді формуються верхньощелепні та нижньощелепні структури, а також відбуваються зміни в розмірах і товщині стінок носа та ВНО.

Після народження зазвичай відбувається лише збільшення ВНО без значних змін його морфології. У всіх випадках була виражена асиметрія ВНО [10]. У дітей 1-3 років формується перпендикулярна пластинка решітчастої кістки, в якій хрящова тканина замінюється кістковою.

Наявність кінцевого нерва та інших структур сприяє міграції нейросекреторних клітин, що містять релізинг-гормон лютеїнізуючого гормону, до гіпоталамуса в головному мозку. Позитивні клітини лейтеїнізуючого гормону релізинг-гормону можна побачити у плодів до 19 тижнів [11].

Морфологія. Гістологічне дослідження носової перегородки виявило наявність вомероназальних порожнин приблизно у 70% дорослих. На відміну від інших ссавців, орган не підтримується жорсткою трубкою з кістки або хряща. Навколо порожнин немає ерекtilної тканини, щоб втягувати подразник. Тому ймовірно, що подразники потрапляють у просвіт органу лише шляхом пасивної дифузії проти потоку слизу, що виділяється залозами. За допомогою електронної мікроскопії були виявлені нейросекреторні гранули та нейрофіламенти. У випадку людини описують нехарактерний для більшості тварин війчастий ВНО, що складається з призматичних, базальних і келихоподібних клітин. Світлі клітини містять на апікальній поверхні мікроворсинки, а на протилежному полюсі мають тонкий відросток, що доходить до базальної мембрани [12]. Деякі вчені вважають, що саме вони і є вомероназальними нейронами. Фарбуванням нейрон-специфічної енолази епітелію ВНО виявлені поодинокі нейрони (приблизно 4 на 100 мкм епітеліальної поверхні) [7]. Відповідно до спостережень під світловим мі-

кроскопом, електронно-мікроскопічні дослідження повідомляють про три типи клітин, включаючи базальні, а також темні та світлі стовпчасті клітини з мікрворсинками на апікальній поверхні.

Епітелій ВНО у людей значно вирізняється від епітелію ВНО в інших видів, а також від нюхового або респіраторного епітелію у людей [13]. Схема розміщення ВНО наведена на рисунках 1, 2.

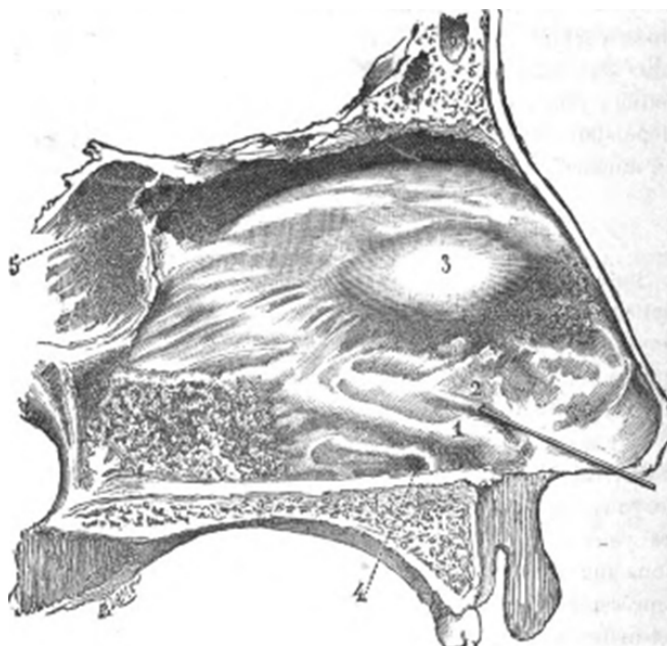


Рис. 1. Вомероназальний орган: 1 – підвищення, частково утворена хрящем Якобсона; 2 – отвір яacobсонового каналу; 3 – горбок перегородки; 4 – носопіднебінна заглибина; 5 – отвір клиноподібної пазухи. 6 – лобова пазуха [14]

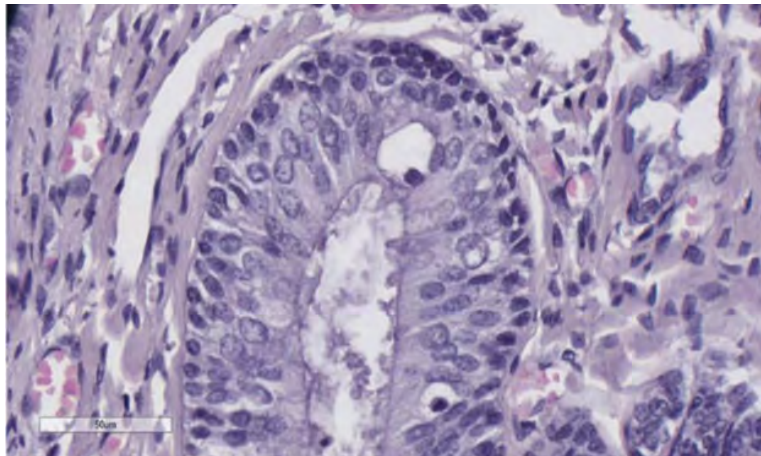


Рис. 2. Мікрофотографія ВНО людини. Забарвлення гематоксилином та еозином. Зб. $\times 400$

ВНО добре васкуляризований. Клинопіднебінна артерія входить у порожнину носа у ссавців, і одні з її гілок, задні перегородкові гілки (Rr. septales posteriores), є головним шляхом кровопостачання перегородки носа та ВНО. Одна-дві великі вени проходять уздовж органу в тканині, що утворює кавернозну тканину.

Відієв нерв (N. canalis pterygoidei) містить як постгангліонарні симпатичні нерви, так і прегангліонарні парасимпатичні компоненти, які згодом переходять у клинопіднебінний ганглії. Електрична стимуляція Відієвого нерва викликає

розширення судин і секрецію в слизовій оболонці носа. Стимуляція Відієвого нерва після блокування парасимпатичних шляхів викликає вазоконстрикцію. Друга гілка трійчастого нерва також посиляє чутливі волокна до ВНО. Ці нерви містять речовину Р, і стимуляція гілок трійчастого нерва викликає розширення судин кавернозної тканини [11].

Функції. Основне завдання органа – впливати на шлюбну та соціальну поведінку. Існує ростральний отвір до носової порожнини, що забезпечує доступ семіохімічних речовин до просвіту. Механізм, який передбачає звуження та розши-

рення стінок кавернозного сплетення, активно виштовхує рідину в просвіт і з нього, доставляючи стимули до вомероназальних сенсорних нейронів. Біполярні нейрони направляють аксони каудально до додаткової нюхової цибулини, де їхні терміналі разом з дендритами мітральних клітин та параклубочкових речовин утворюють так звані клубочки. Якобсонів орган реагує на леткі феромони та інші ароматичні речовини, які не завжди відчуються як запахи або слабо сприймаються органами нюху. Рецепторами естезіоцитів ВНО виступають трансмембранні рецептори, асоційовані з G-білком, які активуються ліпофільними одорантами, основними білками сечі, складовими секретів екзокринних залоз тощо. Гени, подібні до генів вомероназального рецептора, також присутні в геномі людини. Ті, які були знайдені під час початкових пошуків у геномі, є псевдогенами, тобто вони мають дефекти у своїй послідовності, які перешкоджають транскрипції та трансляції очікуваного трансмембранного рецепторного білка. Близько 70% відомих генів нюхових рецепторів також є псевдогенами у людей [7].

У даний час єдиним достовірним методом ідентифікації ВНО вважається гістологічне дослідження. Для світлової мікроскопії застосовується безліч методів фарбування (гематоксилін, еозин, резорцин-фуксин Вейгерта, трихромне забарвлення тощо), а також імуногістохімічні методи, які дозволяють визначити вміст у клітинах ВНО молекул маркерів, характерних для нервових клітин, вомероназальних і нюхових нейронів [15]. ВНО гістологічно присутній майже у всіх досліджених препаратах зрілих людей, але макроскопічно видима лише ямка носової перегородки переважно з жовтим забарвленням, що пов'язано з накопиченням ліпофусцину. Розмір і форма ямки демонструють значну варіабельність.

Фізичні методи дослідження включають КТ та МРТ для дослідження особливостей морфології та топографічної анатомії ВНО *in vivo*. ВНО зазвичай при цьому наповнюють контрастною речовиною за допомогою катетера.

В основі фізіологічних методів лежить реєстрація локальних та системних реакцій у відповідь на стимуляцію ВНО різними хімічними речовинами (передбачуваними феромонами). Складність даного методу полягає в необхідності довести, що реакція, що спостерігається, опосередковується саме через ВНО, а не через закінчення нюхових або трійчастих нервів [16]. За допомогою цих методів групою авторів була проведена серія експериментів, в результаті яких були зафіксовані не тільки локальні реакції на застосування феромонів, але і системні реакції, що включалися в змінені частоти серцевих скорочень, дихання, елек-

тричного протидії шкіри і т.д. При чому ці реакції вирізнялися залежно від статі досліджуваного і застосовуваної речовини [17]. У зв'язку з цим, автори зробили висновок, що нервовий шлях ВНО-гіпоталамус-гіпофіз існує (хоча анатомічно це не підтверджено), і навіть запропонували можливі шляхи терапевтичного використання стимуляторів ВНО: лікування розладів ЦНС, раку грудей і передміхурової залози, гормональну замісну терапію, терапію передменструального синдрому тощо [18]. На перший погляд, ці дослідження доводять хеморецепторну функцію ВНО людини, але в них не був показаний анатомічний субстрат, через який реалізуються описувані локальні та системні реакції.

Єдині опубліковані спроби записати відповіді на стимули, вибірково застосовані до ВНО людини, походять від Монті-Блоха та його колег. Повідомлялося про три типи відповідей: місцеві електричні реакції, реакції ізольованих клітин і системні реакції. Перший тип відповіді – це локальний негативний електричний потенціал, який називається «електровомероназограма» (ЕВГ), записаний з ділянки ямки ВНО у людей. Його назва отримала за аналогією з електроольфактограмою (ЕОГ), яку можна записати з поверхні нюхового епітелію у відповідь на подразнення запахом. Стимули, перевірені на відповідь ЕВГ, включали стероїди, які, як стверджували, були схожі на хімічні речовини, вилучені з секрету апокринної залози шкіри людини, включаючи андростадієнони та естратетраєнілові сполуки, а також звичайні запахи. Стероїди викликали чіткі відповіді ЕВГ; звичайні запахи – ні. Той самий подразник, спрямований на нюховий епітелій, дозволяв звичайним запахам викликати ЕОГ [7]. Деякі вчені пояснюють електричну відповідь рецепторів ВНО на стимуляцію стероїдними речовинами наявністю фізико-хімічних артефактів, ненейронних біологічних потенціалів, такі як секреторні або вазомоторні реакції, і, нарешті, інших нервових клітин або нервових волокон. Повідомлення про те, що місцеві анестетики не блокують ЕВГ, вказує на те, що нервова передача не задіяна, що викликає рефлексії ЦНС. Не виключена місцева відповідь, опосередкована цитокінами. Досліджували функціональний вомероназально-гіпофізарний шлях у дорослих людей. Після стимуляції ВНО знизилася частота дихання, збільшилась частоти серцевих скорочень, змінилась електродермальна діяльність та криві електроенцефалограми. Дане дослідження свідчить про те, що існують функціональні зв'язки між ВНО та ділянками гіпоталамуса у дорослих людей.

Хімічна комунікація. Ссавці використовують нюх майже у всіх сферах свого соціального жит-

тя. Наприклад, новонароджені кролики шукають молочну залозу, слідкуючи за феромоном [19], миші уникають запаху хворих особин одного виду. Хемосенсорні стимули походять від рідин організму, викликаючи привабливу або уникаючу поведінку у суб'єктів того самого виду. Внутрішньовидова сигналізація феромонів має вирішальне значення для визначення статі, соціального рангу, індивідуальності та стану здоров'я, таким чином встановлюючи ієрархії та завершуючи найефективніші репродуктивні стратегії [20]. Так як людське тіло багате апокринними сальними залозами, які виробляють безліч хімічних сполук в індивідуально змінних кількостях, наділяючи кожну людину унікальним запахом, можна стверджувати, що у людей також можлива така комунікація.

Термін «феромони» спочатку визначався як «речовини, які виділяються назовні особою і сприймаються другою особою того ж виду, в результаті чого вони започатковують певну реакцію, наприклад, певну поведінку або процес розвитку» і використовувався стосовно комах [21]. Невдовзі цей термін був застосований до інших таксонів, включаючи ссавців, і швидко висунулось припущення про існування феромонів людини. Незважаючи на виявлення у біологічних рідинах людини летких речовин, які у тварин викликають яскраву зміну поведінки (андростенон, копуліни), немає жодних доказів такої дії у людини. Також досі не відтворене дослідження Мак-Клінтока, в якому студентки, що жили разом, синхронізували свій менструальний цикл, що він пов'язував з дією феромонів. Було показано, що запах тіла значною мірою залежить від геному [22] люди схильні обирати в партнери осіб різнорідних за головним комплексом гістосумісності першого типу [23] для народження гетерозиготного потомства з підвищеною імунотолерантністю, що підтверджує теорію поведінкової імунної системи – набору поведінки, мотивованої відразою, яка, як вважають, сприяє мінімізації ризику зараження. Вивільнення летких речовин з певних ділянок людського тіла можна хімічно диференціювати вздовж дійсних соціальних вимірів, таких як вік, стать, чи стан здоров'я.

Також, у догляді за дітьми, ідентифікація власної дитини призводить до переваги цього запаху порівняно з запахом чужих дітей, що може мати наслідки для позитивної взаємодії [24]. Це добре підтверджується дослідженням синхронності «мозок-мозок» з використанням запису подвійної ЕЕГ під час епізоду взаємодії мати-немовля проти незнайомця-немовляти обличчям до обличчя [25]. У дорослих відчуття запаху тіла партнера в стресовій ситуації розлуки зменшує відчуття дис-

комfortу та вегетативну реактивність. Декодує соціальне середовище, мозок використовує інформацію з багатьох сенсорних каналів. Коли візуальний вхід неоднозначний або емоційно нейтральний, інформація від хемосенсорної модальності переважає над візуальною модальністю. Коли інформація з різних модальностей конгруентна, хемосенсорні ознаки сприяють посиленню сигналу.

Мікробіом (на шкірі, в травному та сечостатево-му трактах) визначає леткі речовини, що виділяються організмом. Добре відомий приклад вирішальної ролі мікробіому у формуванні запаху тіла пов'язаний з пахвовими викидами, які виникають внаслідок біотрансформації природних секретованих молекул-попередників без запаху бактеріями на шкірі. Коли нюх відсутній (аносмія), знижений (гіпосмія) або змінений (паросмія), соціальні взаємодії зменшуються [26]. Нещодавня втрата нюху як показник інфекції COVID-19 [27] зробила важливість нюху більш відчутною для людей загалом, що явно вплинуло на індивідуальне самопочуття [28]. Отже, впровадження протоколів реабілітації в осіб з нюховою дисфункцією виглядає багатообіцяючим способом зменшити процеси соціальної ізоляції, які є результатом втрати нюху [29, 30]. У людини також нюхові подразники виступають тригером спогадів через численні зв'язки зі структурами лімбічної системи. Цей феномен називається прустівською пам'яттю. Дослідження показали, що нюховий подразник може стати тригером для епілептичного нападу, при цьому припускається зв'язок між надмірною експресією хеморецепторів респіраторного епітелію та епілепсією.

Останнім часом діагностика захворювань базується, серед іншого, на виявленні летких органічних сполук (ЛОС), що утворюються в результаті хворобливих процесів, які змінюють нормальні фізіологічні та метаболічні шляхи, і характерних профілів ЛОС як діагностичних маркерів. Існує зростаючий інтерес до методів аналізу профілів запаху, особливо тих, що походять від неінвазивного взяття проб, включаючи видиху (ЕВ), видихуваного конденсату (ЕВС). Зусиллями Всесвітньої організації охорони здоров'я (ВООЗ) були введені критерії, метою яких є підвищення ефективності ранньої діагностики захворювань, у тому числі із застосуванням біосенсорів. Екологічність, чутливість і специфічність є основними факторами при оцінці тестів для діагностики захворювань. Як аналітичний інструмент біосенсори дозволяють виявити цільові сполуки (ліганди-біомаркери) шляхом перетворення молекулярного розпізнавання в аналітичний сигнал, який можна легко інтерпретувати. Їх успішне впровадження залежить від прогресу в біотехнологіях, мікро-/нанотехнологі-

ях тощо, що впливає на покращення метрологічних параметрів біосенсорів, роблячи їх більш корисними для діагностики захворювань тощо [31]. Пневматизація носової перегородки найчастіше починається з ВНО. Злоякісні пухлини ВНО належать до групи нюхових нейробластом чи естезіобластом. Такі новоутворення позитивні на синаптофізін, хромогранін і нейрофіламенти.

Поки що не доведені жодні шкідливі наслідки після пошкодження даної структури хірургами при септопластиці.

Висновок. З літературних даних випливає, що не існує єдиної думки щодо анатомічної будови, процесів становлення, розвитку, функціонування, статеві-вікових змін вомероназального органа людини, який структурно є сліпим каналом у сли-

зовій оболонці перегородки носа. Не встановлені його морфологічні параметри та вікові зміни функціонування у постнатальному періоді. Не доведена його роль у сприйманні ароматичних сполук та анатомічний зв'язок з ЦНС. Людський вомероназальний орган, ймовірно, не є критично важливим життєзабезпечувальним органом людського буття, а представляє собою функціональний еволюційний залишок (структурний атавізм).

Перспективи подальших досліджень. Необхідні додаткові дослідження становлення топографічної анатомії вомероназального органа людини за допомогою морфологічних та гістохімічних методів для виявлення спеціалізованих нейронів та нервових волокон на різних етапах розвитку, або встановлення часу їхньої деградації.

Список використаної літератури

1. Пикалюк ВС, Богданов В.Ва, Богданов В. Во. Онтогенез вомероназального органа людини. Таврійський медико-біологічний вісник. 2007;10(3):276-9.
2. Keverne EB. Pheromones, vomeronasal function, and gender-specific behavior. *Cell*. 2002 Mar 22;108(6):735-8. doi: 10.1016/s0092-8674(02)00687-6. PMID: 11955427.
3. Ruysch F. *Thesaurus Anatomicus tertius*. Woeters J, editor. Amsterdam: Woeters; 1703. p. 48-49.
4. Kölliker A. Über die Jacobson'schen Organe des Menschen. In: *Festschrift zu dem jährlichen Professoren-Jubiläum des Herrn Franz von Rinecker*. Leipzig: Wilhelm Engelmann; 1877. p. 3-11.
5. Halpern M, Martínez-Marcos A. Structure and function of the vomeronasal system: an update. *Prog Neurobiol*. 2003 Jun;70(3):245-318. doi: 10.1016/s0301-0082(03)00103-5.
6. Пикалюк ВС, Богданов ВВа, Богданов ВВл. Вомероназальний орган: пренатальний і постнатальний онтогенез. *Ринологія*. 2008;1:54-60.
7. Meredith M. Human vomeronasal organ function: a critical review of best and worst cases. *Chem Senses*. 2001 May;26(4):433-45. doi: 10.1093/chemse/26.4.433.
8. Wessels Q, Hoogland PV, Vorster W. Anatomical evidence for an endocrine activity of the vomeronasal organ in humans. *Clin Anat*. 2014 Sep;27(6):856-60. doi: 10.1002/ca.22382.
9. Stoyanov GS, Sapundzhiev NR, Tonchev AB. The vomeronasal organ: History, development, morphology, and functional neuroanatomy. *Handb Clin Neurol*. 2021;182:283-91. doi: 10.1016/B978-0-12-819973-2.00020-4.
10. Пикалюк ВС, Богданов ВВ. Вомероназальний орган людини. Сучасний стан, проблеми та перспективи дослідження. *Український морфологічний альманах*. 2011;9(3):197-9.
11. Døving KB, Trotier D. Structure and function of the vomeronasal organ. *J Exp Biol*. 1998 Nov;201(Pt 21):2913-25. doi: 10.1242/jeb.201.21.2913.
12. Stensaas LJ, Lavker RM, Monti-Bloch L, Grosser BI, Berliner DL. Ultrastructure of the human vomeronasal organ. *J Steroid Biochem Mol Biol*. 1991 Oct;39(4B):553-60. doi: 10.1016/0960-0760(91)90252-z.
13. Swaab DF, Buijs RM, Kreier F, Lucassen PJ, Salehi A. Introduction: The human hypothalamus and neuropsychiatric disorders. *Handb Clin Neurol*. 2021;182:1-5. doi: 10.1016/B978-0-12-819973-2.00001-0.
14. Stoyanov GS, Matev BK, Valchanov P, Sapundzhiev N, Young JR. The Human Vomeronasal (Jacobson's) Organ: A Short Review of Current Conceptions, With an English Translation of Potiquet's Original Text. *Cureus*. 2018 May 17;10(5): e2643. doi: 10.7759/cureus.2643.
15. Witt M, Wozniak W. Structure and function of the vomeronasal organ. *Adv Otorhinolaryngol*. 2006;63:70-83. doi: 10.1159/000093751.
16. Пикалюк ВС, Богданов ВВа, Богданов ВВл. Методи дослідження вомероназального органу: сучасний стан, проблеми та перспективи дослідження. *Ринологія*. 2009;2:59-70.
17. Monti-Bloch L, Jennings-White C, Berliner DL. The human vomeronasal system. A review. *Ann N Y Acad Sci*. 1998 Nov 30;855:373-89. doi: 10.1111/j.1749-6632.1998.tb10595.x.

18. Berliner DL. Steroidal substances active in the human vomeronasal organ affect hypothalamic function. *J Steroid Biochem Mol Biol.* 1996 Apr;58(1):1-2. doi: 10.1016/0960-0760(96)00011-8.
19. Schaal B, Coureaud G, Langlois D, Giniès C, Sémon E, Perrier G. Chemical and behavioural characterization of the rabbit mammary pheromone. *Nature.* 2003 Jul 3;424(6944):68-72. doi: 10.1038/nature01739.
20. Tirindelli R. Coding of pheromones by vomeronasal receptors. *Cell Tissue Res.* 2021 Jan;383(1):367-86. doi: 10.1007/s00441-020-03376-6.
21. Karlson P, Luscher M. Pheromones': a new term for a class of biologically active substances. *Nature.* 1959 Jan 3;183(4653):55-6. doi: 10.1038/183055a0.
22. Lenochová P, Vohnoutová P, Roberts SC, Oberzaucher E, Grammer K, Havlíček J. Psychology of fragrance use: perception of individual odor and perfume blends reveals a mechanism for idiosyncratic effects on fragrance choice. *PLoS One.* 2012;7(3): e33810. doi: 10.1371/journal.pone.0033810.
23. Wedekind C, Seebeck T, Bettens F, Paepke AJ. MHC-dependent mate preferences in humans. *Proc Biol Sci.* 1995 Jun 22;260(1359):245-9. doi: 10.1098/rspb.1995.0087.
24. Schäfer L, Sorokowska A, Sauter J, Schmidt AH, Croy I. Body odours as a chemosignal in the mother-child relationship: new insights based on an human leucocyte antigen-genotyped family cohort. *Philos Trans R Soc Lond B Biol Sci.* 2020 Jun 8;375(1800):20190266. doi: 10.1098/rstb.2019.0266.
25. Brintjes TD, Bleys RLAW. The clinical significance of the human vomeronasal organ. *Surg Radiol Anat.* 2023 Apr;45(4):457-60. doi: 10.1007/s00276-023-03101-2.
26. Desiato VM, Soler ZM, Nguyen SA, Salvador C, Hill JB, Lamira J, et al. Evaluating the Relationship Between Olfactory Function and Loneliness in Community-Dwelling Individuals: A Cross-sectional Study. *Am J Rhinol Allergy.* 2021 May;35(3):334-40. doi: 10.1177/1945892420958365.
27. Parma V, Ohla K, Veldhuizen MG, Niv MY, Kelly CE, Bakke AJ, et al.; GCCR Group Author; Reed DR, Hummel T, Munger SD, Hayes JE. Corrigendum to: More Than Smell-COVID-19 Is Associated With Severe Impairment of Smell, Taste, and Chemesthesis. *Chem Senses.* 2021 Jan 1;46: bjab050. doi: 10.1093/chemse/bjab050.
28. Durand K, Schaal B, Goubet N, Lewkowicz DJ, Baudouin JY. Does any mother's body odor stimulate interest in mother's face in 4-month-old infants? *Infancy.* 2020 Mar;25(2):151-64. doi: 10.1111/infa.12322.
29. Sorokowska A, Drechsler E, Karwowski M, Hummel T. Effects of olfactory training: a meta-analysis. *Rhinology.* 2017 Mar 1;55(1):17-26. doi: 10.4193/Rhino16.195.
30. Endevelt-Shapira Y, Djalovski A, Dumas G, Feldman R. Maternal chemosignals enhance infant-adult brain-to-brain synchrony. *Sci Adv.* 2021 Dec 10;7(50): eabg6867. doi: 10.1126/sciadv.abg6867.
31. Wasilewski T, Brito NF, Szulczyński B, Wojciechowski M, Buda N, Melo ACA, et al. Olfactory receptor-based biosensors as potential future tools in medical diagnosis. *TrAC, Trends Anal. Chem.* 2022;116599. <https://doi.org/10.1016/j.trac.2022.116599>.

References

1. Pykalyuk VS, Bohdanov V.Va, Bohdanov V. Vo. Ontohenez vomeronazal'noho orhana lyudyny. *Tavriys'kyi med.-biol. visnyk.* 2007;10(3):276-9. [in Ukrainian].
2. Keverne EB. Pheromones, vomeronasal function, and gender-specific behavior. *Cell.* 2002 Mar 22;108(6):735-8. doi: 10.1016/s0092-8674(02)00687-6. PMID: 11955427.
3. Ruysch F. *Thesaurus Anatomicus tertius.* Woeters J, editor. Amsterdam: Woeters; 1703. p. 48-49.
4. Kölliker A. Über die Jacobson'schen Organe des Menschen. In: *Festschrift zu dem jährlichen Professoren-Jubiläum des Herrn Franz von Rinecker.* Leipzig: Wilhelm Engelmann; 1877. p. 3-11.
5. Halpern M, Martínez-Marcos A. Structure and function of the vomeronasal system: an update. *Prog Neurobiol.* 2003 Jun;70(3):245-318. doi: 10.1016/s0301-0082(03)00103-5.
6. Pykalyuk VS, Bohdanov V.Va, Bohdanov V.VI. Vomeronazal'nyy orhan: prenatal'nyy i postnatal'nyy ontogeneez. *Rynolohiya.* 2008;1:54-60. [in Ukrainian].
7. Meredith M. Human vomeronasal organ function: a critical review of best and worst cases. *Chem Senses.* 2001 May;26(4):433-45. doi: 10.1093/chemse/26.4.433.
8. Wessels Q, Hoogland PV, Vorster W. Anatomical evidence for an endocrine activity of the vomeronasal organ in humans. *Clin Anat.* 2014 Sep;27(6):856-60. doi: 10.1002/ca.22382.
9. Stoyanov GS, Sapundzhiev NR, Tonchev AB. The vomeronasal organ: History, development, morphology, and functional neuroanatomy. *Handb Clin Neurol.* 2021;182:283-91. doi: 10.1016/B978-0-12-819973-2.00020-4.

10. Pykalyuk VS, Bohdanov VV. Vomeronasal'nyy orhan lyudyny. Suchasnyy stan, problemy ta perspektyvy doslidzhennya. *Ukrayins'kyi morfolohichnyy al'manakh*. 2011;9(3):197-9. [in Ukrainian].
11. Døving KB, Trotier D. Structure and function of the vomeronasal organ. *J Exp Biol*. 1998 Nov;201(Pt 21):2913-25. doi: 10.1242/jeb.201.21.2913.
12. Stensaas LJ, Lavker RM, Monti-Bloch L, Grosser BI, Berliner DL. Ultrastructure of the human vomeronasal organ. *J Steroid Biochem Mol Biol*. 1991 Oct;39(4B):553-60. doi: 10.1016/0960-0760(91)90252-z.
13. Swaab DF, Buijs RM, Kreier F, Lucassen PJ, Salehi A. Introduction: The human hypothalamus and neuropsychiatric disorders. *Handb Clin Neurol*. 2021;182:1-5. doi: 10.1016/B978-0-12-819973-2.00001-0.
14. Stoyanov GS, Matev BK, Valchanov P, Sapundzhiev N, Young JR. The Human Vomeronasal (Jacobson's) Organ: A Short Review of Current Conceptions, With an English Translation of Potiquet's Original Text. *Cureus*. 2018 May 17;10(5): e2643. doi: 10.7759/cureus.2643.
15. Witt M, Wozniak W. Structure and function of the vomeronasal organ. *Adv Otorhinolaryngol*. 2006;63:70-83. doi: 10.1159/000093751.
16. Pykalyuk VS, Bohdanov VVa, Bohdanov VVI. Metody doslidzhennya vomeronasal'noho orhanu: suchasnyy stan, problemy ta perspektyvy doslidzhennya. *Rynolohiya*. 2009;2:59-70. [in Ukrainian].
17. Monti-Bloch L, Jennings-White C, Berliner DL. The human vomeronasal system. A review. *Ann N Y Acad Sci*. 1998 Nov 30;855:373-89. doi: 10.1111/j.1749-6632.1998.tb10595.x.
18. Berliner DL. Steroidal substances active in the human vomeronasal organ affect hypothalamic function. *J Steroid Biochem Mol Biol*. 1996 Apr;58(1):1-2. doi: 10.1016/0960-0760(96)00011-8.
19. Schaal B, Coureaud G, Langlois D, Giniès C, Sémon E, Perrier G. Chemical and behavioural characterization of the rabbit mammary pheromone. *Nature*. 2003 Jul 3;424(6944):68-72. doi: 10.1038/nature01739.
20. Tirindelli R. Coding of pheromones by vomeronasal receptors. *Cell Tissue Res*. 2021 Jan;383(1):367-86. doi: 10.1007/s00441-020-03376-6.
21. Karlson P, Luscher M. Pheromones': a new term for a class of biologically active substances. *Nature*. 1959 Jan 3;183(4653):55-6. doi: 10.1038/183055a0.
22. Lenochová P, Vohnoutová P, Roberts SC, Oberzaucher E, Grammer K, Havlíček J. Psychology of fragrance use: perception of individual odor and perfume blends reveals a mechanism for idiosyncratic effects on fragrance choice. *PLoS One*. 2012;7(3): e33810. doi: 10.1371/journal.pone.0033810.
23. Wedekind C, Seebeck T, Bettens F, Paepke AJ. MHC-dependent mate preferences in humans. *Proc Biol Sci*. 1995 Jun 22;260(1359):245-9. doi: 10.1098/rspb.1995.0087.
24. Schäfer L, Sorokowska A, Sauter J, Schmidt AH, Croy I. Body odours as a chemosignal in the mother-child relationship: new insights based on an human leucocyte antigen-genotyped family cohort. *Philos Trans R Soc Lond B Biol Sci*. 2020 Jun 8;375(1800):20190266. doi: 10.1098/rstb.2019.0266.
25. Bruintjes TD, Bleys RLAW. The clinical significance of the human vomeronasal organ. *Surg Radiol Anat*. 2023 Apr;45(4):457-60. doi: 10.1007/s00276-023-03101-2.
26. Desiato VM, Soler ZM, Nguyen SA, Salvador C, Hill JB, Lamira J, et al. Evaluating the Relationship Between Olfactory Function and Loneliness in Community-Dwelling Individuals: A Cross-sectional Study. *Am J Rhinol Allergy*. 2021 May;35(3):334-40. doi: 10.1177/1945892420958365.
27. Parma V, Ohla K, Veldhuizen MG, Niv MY, Kelly CE, Bakke AJ, et al.; GCCR Group Author; Reed DR, Hummel T, Munger SD, Hayes JE. Corrigendum to: More Than Smell-COVID-19 Is Associated With Severe Impairment of Smell, Taste, and Chemesthesis. *Chem Senses*. 2021 Jan 1;46: bjab050. doi: 10.1093/chemse/bjab050.
28. Durand K, Schaal B, Goubet N, Lewkowicz DJ, Baudouin JY. Does any mother's body odor stimulate interest in mother's face in 4-month-old infants? *Infancy*. 2020 Mar;25(2):151-64. doi: 10.1111/infa.12322.
29. Sorokowska A, Drechsler E, Karwowski M, Hummel T. Effects of olfactory training: a meta-analysis. *Rhinology*. 2017 Mar 1;55(1):17-26. doi: 10.4193/Rhino16.195.
30. Endevelt-Shapira Y, Djalovski A, Dumas G, Feldman R. Maternal chemosignals enhance infant-adult brain-to-brain synchrony. *Sci Adv*. 2021 Dec 10;7(50): eabg6867. doi: 10.1126/sciadv.abg6867.
31. Wasilewski T, Brito NF, Szulczyński B, Wojciechowski M, Buda N, Melo ACA, et al. Olfactory receptor-based biosensors as potential future tools in medical diagnosis. *TrAC, Trends Anal. Chem*. 2022;116599. <https://doi.org/10.1016/j.trac.2022.116599>.

VOMERONASAL ORGAN IN HUMAN BEING

Abstract. The sensory organs transmit physical (sight, hearing, and touch) or chemical (smell, taste) signals. In particular, chemoreceptors of the respiratory epithelium are anatomically connected to the structures of the limbic system, and therefore contribute to the formation of emotions, memories, and behavior. Purpose of the study. To investigate the functions of the vomeronasal organ in humans and outline the prospects for further research on this topic. Material and methods. The work conducted a scientific analysis of the data of original research publications in [PubMed] [Google Scholar] on the morphology and physiology of the vomeronasal system over the past twenty-five years. From the literature data it follows that there is no consensus on the anatomical structure, processes of formation, development, functioning, and age-related changes of the human vomeronasal organ, which is structurally a blind canal in the mucous membrane of the nasal septum. Its morphological parameters and age-related changes in functioning in the postnatal period have not been established. Its role in the perception of aromatic compounds and its anatomical connection with the CNS have not been proven. The human VNO is probably not a critically important life-supporting organ of human existence, but represents a functional evolutionary remnant (structural atavism).

Key words: vomeronasal organ, ontogenesis, head, nasal septum, prefetuses, human being.

Відомості про авторів:

Пикалюк Василь Степанович – доктор медичних наук, професор кафедри анатомії людини Волинського національного університету імені Лесі Українки, м. Луцьк, ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0003-2616-5332>;

Антонюк Ольга Петрівна – кандидат медичних наук, доцент, доцент кафедри анатомії, клінічної анатомії та оперативної хірургії закладу вищої освіти Буковинського державного медичного університету, м. Чернівці, ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0002-9324-4420>;

Слободян Олександр Миколайович – доктор медичних наук, професор, завідувач кафедри анатомії, клінічної анатомії та оперативної хірургії закладу вищої освіти Буковинського державного медичного університету, м. Чернівці, ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0002-4402-8457>;

Кабарчук Вероніка Сергіївна – студентка 3 курсу Волинського національного університету імені Лесі Українки, м. Луцьк;

Бойчук Олег Михайлович – кандидат медичних наук, асистент кафедри анатомії людини ім. М. Г. Туркевича закладу вищої освіти Буковинського державного медичного університету, м. Чернівці, ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0001-7226-0803>.

Information about the authors:

Pukaliuk Vasyl S. – Doctor of Medicine Sciences, Professor, Professor of the Department of Human Anatomy of the Institutions of higher education of Volynskyi National University named after Lesi Ukrainki, Lyutsk, ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0003-2616-5332>;

Antoniuk Olha P. – Candidate of Medicine Sciences, Associate Professor of the Department of Anatomy, Clinical anatomy and Operative surgery of the Institutions of higher education of Bukovinian State Medical University, Chernivtsi, ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0002-9324-4420>;

Slobodian Oleksandr M. – Doctor of Medicine Sciences, Professor, Chief of the Department of Anatomy, Clinical anatomy and Operative Surgery of the Institutions of higher education of Bukovinian State Medical University, Chernivtsi, ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0002-4402-8457>;

Kabarchuk Veronika S. – 3rd year student of the Lesya Ukrainka Volyn National University, Lutsk;

Boichuk Oleh M. – Candidate of Medical Sciences, Assistant Professor of the Department of Human Anatomy named after M. G. Turkevich of the Institutions of higher education of Bukovinian State Medical University, Chernivtsi, ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0001-7226-0803>.

Надійшла 22.05.2025 р.