

ФУНКЦІОНАЛЬНА ХІРУРГІЯ ЗЛОЯКІСНИХ НОВОУТВОРЕНЬ ГОРТАНІ

*Державна установа «Інститут отоларингології ім. проф. О.С. Коломійченка
Національної академії медичних наук України»*

Незважаючи на поступове зниження рівня захворюваності у світі, рак гортані залишається однією з найпоширеніших пухлин голови та ший. За даними на 2020 рік, у світі було зареєстровано приблизно 184 615 нових випадків цієї патології, а 99 840 летальних випадків були зумовлені зазначеним захворюванням. Більшість первинно діагностованих пухлин локалізуються у голосовому відділі гортані, що дозволяє у 55–75% випадків провести ефективне лікування зі сприятливим прогнозом [2–5]. У таких клінічних ситуаціях з'являється можливість досягнення високого рівня онкологічної радикальності з одночасним збереженням функцій органа. Цих результатів можна досягти за допомогою різних підходів: променевої терапії, хіміотерапії, трансоральної лазерної мікрохірургії, відкритих резекцій гортані, а останнім часом – трансоральної роботизованої хірургії. Кожен із цих методів має свої переваги й обмеження, зумовлені локалізацією та поширеністю пухлинного процесу, загальним станом пацієнта, потребою у функціональній реконструкції, технічними навичками хірурга, а також наявністю відповідного матеріально-технічного забезпечення [6, 7].

Наразі променева терапія та трансоральна лазерна мікрохірургія є найпоширенішими методами лікування ранніх стадій раку голосового відділу гортані, тоді як відкриті резекції, за даними літератури, поступово втрачають свою актуальність. Проте

трансоральна мікрохірургія має суттєві обмеження, оскільки потребує прямої лінії візуалізації через порожнину рота та ротоглотку, що робить адекватну експозицію операційного поля вирішальною. Приблизно у 10–20% пацієнтів досягти належної експозиції гортані складно через обмежену рухливість шийного відділу хребта, тризм або виражені рубцеві зміни тканин ший після раніше проведеної променевої терапії [9]. Показання до трансоральних втручань при пухлинах із залученням передньої комісури також обмежені: незадовільна візуалізація цієї ділянки підвищує ризик неповного видалення новоутворення та погіршення онкологічних результатів. Крім того, жорсткий операційний ларингоскоп чинить значний тиск на верхні різці та гортаноглотку, що може призвести до транзиторного набряку гортані, гематоми, парезу під'язикового нерва, дисгевзії, дисфагії або пошкодження зубів. Таким чином, анатомічні особливості верхніх дихальних та травних шляхів у деяких пацієнтів суттєво обмежують застосування трансорального доступу.

Порівняння променевої терапії та хірургічних методів лікування досі демонструє суперечливі результати. Зокрема, у дослідженні бразильських колег [10] проведено порівняльний аналіз виживаності пацієнтів із ранніми стадіями раку гортані після відкритих хірургічних втручань та променевої терапії. Автори встановили, що показ-

ники трирічної безрецидивної виживаності були зіставними як у групі резекції гортані (80,8%), так і у групі променевої терапії (76,9%). Ще у 1984 році Kaplan та співавтори [11] зазначили, що пацієнти з новоутвореннями гортані ранніх стадій мали подібні онкологічні результати при використанні радіомодифікації або хірургічного підходу. Проте хірургічне лікування частіше застосовували у пацієнтів з обмеженням рухливості або повною нерухомістю голосової складки (стадії T2 і T3). Ці висновки узгоджуються з даними огляду, проведеного Hartl та співавторами, де показано, що при пухлинах голосового відділу стадії T2 рівень локального контролю становив 84–95% і був порівнянним після променевої терапії, відкритої резекції або трансоральної лазерної мікрохірургії. Водночас пацієнти з обмеженою рухливістю голосової складки, глибокою інвазією в парогортанний простір або гортанний шлуночок становили підгрупу з нижчими показниками локального контролю при застосуванні променевої терапії чи трансоральної лазерної хірургії. Sacco та співавтори [13] також продемонстрували, що відкриті втручання забезпечують вищі показники локального контролю та довготривалого збереження органа у пацієнтів з обмеженою рухливістю складки. Це зумовлено тим, що 16,8% пацієнтів, клінічно віднесені до категорії cT2, після патогістологічного дослідження були рекласифіковані як pT3, і саме в цій когорті радикальне хірургічне втручання продемонструвало найкращі онкологічні результати.

Саме тому метою нашої роботи було детальне дослідження концепції «консервативної», або «функціональної», хірургії гортані, аналіз її історичних витоків та систематизація сучасних оперативних технік.

Консервативна, або функціональна, хірургія гортані (далі – CLS, conservative laryngeal surgery) [14] охоплює відкриті хірургічні методики (відкрити хордектомію, часткові резекції гортані), а також трансоральні ендоскопічні втручання. Концепція CLS ґрунтується на принципах, що оптимізують як онкологічні, так і функціональні результати лікування. Застосування CLS є обґрунтованим у тих клінічних випадках, коли заплановане втручання забезпечує ви-

соку ймовірність локального контролю пухлини та дозволяє зберегти щонайменше одну черпакувато-перснеподібну одиницю – базову функціональну структуру гортані. Ця одиниця включає рухливий черпакуватий хрящ, інтактний перснеподібний хрящ, відповідні м'язи, а також їхню іннервацію верхнім і поворотним гортанними нервами.

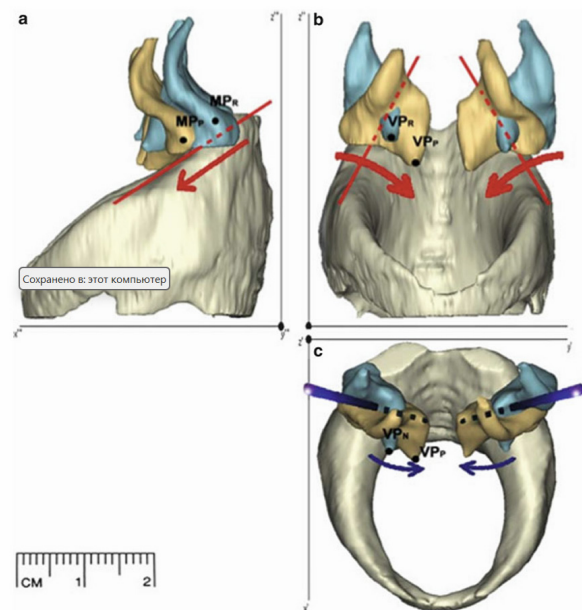


Рис. 1. Черпакувато-перснеподібна одиниця. Тривимірні високороздільні КТ-зображення черпакуватих і перснеподібного хрящів у проєкціях збоку (а), спереду (б) та зверху (с), що демонструють їхнє відносне положення під час фонації (позначено жовтим кольором) та дихання (позначено синім кольором).

(а) «Ковзання» черпакуватих хрящів уздовж поздовжньої осі персне-черпакуватого суглоба.

(б) «Гойдання» черпакуватих хрящів навколо поздовжньої осі персне-черпакуватого суглоба.

(с) «Обертання» черпакуватих хрящів навколо осі, перпендикулярної до поздовжньої осі персне-черпакуватого суглоба.

Скорочення: MPR – м'язовий відросток у фазі дихання; MPP – м'язовий відросток у фазі фонації; VPR – голосовий відросток у фазі дихання; VPP – голосовий відросток у фазі фонації (адаптовано за Storck та ін., 2010b).

Хірург, який виконує функціональне втручання, має ретельно оцінити локалізацію та поширеність пухлини, а також враховувати, що для досягнення стабільних функціональних результатів може знадобитися резекція частини умовно інтактної слизової оболонки. Згідно з сучасними дослідженнями [15, 16], при відкритій функціо-

нальній хірургії гортані відступ від краю пухлини в бік здорових тканин має становити до 5 мм, що є ключовим фактором забезпечення подальшого безрецидивного перебігу захворювання.

Уперше часткову резекцію гортані виконав французький хірург Філіпп-Жан Пеллетан (*Philippe-Jean Pelletan*, 1747–1829) у 1788 році [17], застосувавши серединну тиреотомію для видалення ураженої ділянки органа. Перше хірургічне втручання з приводу раку гортані провів у 1863 році Генрі Б. Сандс (*Henry B. Sands*, 1830–1888) – професор хірургії Нью-Йоркського університету [18]. Операція полягала у розсіченні гортані та екстирпації пухлини; за пацієнтом спостерігали протягом двох років до його смерті від інших причин, рецидиву новоутворення виявлено не було. У 1867 році Якоб да Сільва Соліс-Коен (*Jacob da Silva Solis-Cohen*, 1838–1927) із Філадельфії опублікував результати першого тривалого (20-річного) катамнестичного спостереження за пацієнтом після тиреотомії та видалення пухлини з підозрою на малігнізацію. Першу відкриту геміларингектомію виконав у 1878 році Теодор Більрот (*Theodor Billroth*, 1829–1894) – за кілька років після проведеної ним першої у світі тотальної ларингектомії (1873) [20]. У той період подібні операції виконували переважно при туберкульозі, раку та сифілісі. Їм не передувала верифікація діагнозу за допомогою біопсії, оскільки тогочасні хірурги вважали, що забір матеріалу стимулює прискорений ріст пухлини [21].

Значним поштовхом до розвитку хірургії гортані стала смерть німецького імператора та прусського короля Фрідріха III від раку гортані [22, 23]. Оскільки Фрідріх III був важливою політичною постаттю, обставини його хвороби та смерті спровокували широку дискусію в науковому співтоваристві щодо ролі клінічної гістопатології, безпечності біопсії та важливості ранньої діагностики онкопатології цієї локалізації. Ці дебати в Європі значно актуалізували питання доцільності часткових резекцій гортані: низку таких втручань у Великій Британії (1894) та Франції (1895) виконали сер Фелікс Семон (*Felix Semon*, 1849–1921) та Еміль Жан Муре (*Émile Jean Moure*,

1855–1941) [20]. На той час дискусії концентрувалися навколо двох основних методик збереження органа: тиреотомії з екстирпацією пухлини та геміларингектомії за Більротом. Тиреотомію пропонували застосовувати при новоутвореннях середньої третини голосової складки за умови відсутності інвазії в комісуру, тоді як ураження задніх відділів гортані вимагали виконання геміларингектомії.

У першій половині XX століття з'явилося багато технік вертикальних часткових резекцій, які популяризували Шевальє Джексон (*Chevalier Jackson*, 1865–1958), Сент-Клер Томсон (*St. Clair Thomson*, 1859–1943) та інші дослідники [25, 26]. Ці підходи були розроблені для лікування раку гортані без необхідності виконання тотальної ларингектомії, яку вважали інвалідизуючою та спотворювальною операцією. З часом сформувалися такі види відкритих функціональних втручань:

відкрита хордектомія – видалення ураженої голосової складки на всьому її протязі від передньої комісури до голосового відростка черпакуватого хряща доступом через серединну тиреотомію;

передньо-бічна резекція гортані, описана у 1956 році Жаном Леру-Робером (*Jean Leroux-Robert*, 1907–1998), показанням до якої були пухлини категорії T2. Втручання передбачає моноблокову резекцію ураженої голосової складки, передньої комісури, передньої частини контралатеральної складки та фрагмента щитоподібного хряща. Наразі показання до цієї операції звужилися завдяки розвитку трансоральної лазерної мікрохірургії, проте її досі застосовують при пухлинах, які є недоступними для трансоральних ендоскопічних маніпуляцій.

Друга половина XX століття ознаменувалася активним розвитком горизонтальних втручань – надскладкової (надзв'язкової) резекції гортані, а також часткових горизонтальних резекцій з епіглотопексією та трахеоепіглотопексією [27]. Концепція горизонтального розсічення та збереження тканин базувалася на фундаментальних анатомічних дослідженнях Маркуса Гайєка (*Marcus Hajeck*, 1861–1941), згодом розвинутих у працях Анрі Рув'єра

(Henri Rouvière, 1876–1952) та Франсуа Баклеса (François Baclesse, 1896–1967) [28, 29]. Перші практичні підходи до резекції пухлин вестибулярного відділу гортані та бічної стінки глотки опублікував Вілфред Троттер (Wilfred Trotter, 1872–1939) у 1913 році в журналі *The Lancet* [30]. Уругвайський професор Хусто М. Алонсо (Justo M. Alonso, 1886–1974) у 1947 році детально описав методику горизонтальної резекції, яка дозволяла повністю зберегти природну фонаторну функцію [31]. Техніки Алонсо були модифіковані та впроваджені у світову практику провідними ларингологами того часу: Максом Л. Сомом (Max L. Som), Джо-зефом Х. Огурою (Joseph H. Ogura), Жаном Леру-Робером (Jean Leroux-Robert) у Франції та Етторе Боккою (Ettore Bocca) в Італії [32]. Надалі ці процедури еволюціонували шляхом розширення меж резектабельності з одночасним залученням кореня язика, черпакуватого хряща та грушоподібного синуса.

Протягом останніх трьох десятиліть відбулися суттєві зміни в підходах до лікування плоскоклітинного раку гортані; зокрема, значно скоротилися обсяги застосування відкритих хірургічних втручань як методів першої лінії [33–35]. По-перше, у більшості розвинених країн знизився рівень захворюваності на плоскоклітинний рак цієї локалізації завдяки масштабним державним програмам із боротьби з тютюнопалінням. По-друге, прогрес у сфері хіміо- та променевої терапії дозволив досягти високих онкологічних результатів при лікуванні місцево-поширених форм раку гортані в межах органозбережних стратегій. Зокрема, у 2003 році результати рандомізованого дослідження *RTOG 91-11* продемонстрували вищий рівень збереження органа при застосуванні одночасної хіміопроменевої терапії як ініціального лікування, тоді як хірургічне втручання розглядалося виключно як метод «рятівної» хірургії (*salvage surgery*). Потретьє, стрімкий технічний прогрес, а саме впровадження в клінічну практику операційних мікроскопів, ендоскопів, лазерних систем, навігаційних технологій та робототехніки, радикально трансформував хірургічні підходи: малоінвазивні трансоральні техніки дозволили суттєво покращити післяопераційний період і функціональні результати пацієнтів.

Паралельно зі світовими тенденціями, у вітчизняній онколарингології накопичено вагомий власний клінічний і науковий досвід виконання функціональних операцій на гортані [36, 37]. Особливістю національної практики є комплексний підхід до двох взаємопов'язаних завдань: з одного боку – проведення органозбережного хірургічного лікування раку гортані, з іншого – забезпечення подальшої голосової та ковтальної реабілітації пацієнтів. Систематизація цього досвіду в наукових публікаціях дозволила чітко визначити показання до резекцій гортані як при первинних пухлинах, так і при рецидивах після неефективної консервативної терапії [36, 37]. Крім того, це дозволило обґрунтувати поєднання хірургічних і фonoпедичних методів відновлення голосової функції як обов'язковий компонент онкологічного лікування. Окремим вагомим внеском є розробка та патентний захист оригінальних модифікацій хірургічних втручань, адаптованих до клінічних умов і структури онкопатології в Україні [36].

Завдяки цьому досвіду у вітчизняній клінічній практиці закріпився підхід, за яким часткову резекцію гортані розглядають не як технічну альтернативу тотальній ларингектомії, а як повноцінне органозбережне втручання з обов'язковим плануванням післяопераційної голосової та ковтальної реабілітації [38]. Це особливо важливо в українських реаліях, де доступність трансоральної лазерної мікрохірургії та роботизованих систем поки що залишається обмеженою, а відкриті часткові резекції зберігають роль одного з основних інструментів збереження органа у пацієнтів із раннім і помірно поширеним раком гортані.

Проте, незважаючи на зазначені тенденції, відкрита функціональна хірургія залишається важливим методом в арсеналі сучасного онкоотоларинголога. Вона забезпечує адекватні онкологічні та функціональні результати у ретельно відібраних пацієнтів, особливо в тих клінічних ситуаціях, коли трансоральний доступ обмежений анатомічно, а первинна променева терапія супроводжується високим ризиком ускладнень. У наступному розділі проаналізовано

конкретні методики відкритих функціональних втручань та узагальнено клінічний досвід їх застосування як у первинних пацієнтів, так і при проведенні рятівних операцій після неефективного консервативного лікування.

Відкрита хордектомія

Відкриту хордектомію вважають першою функціональною операцією на гортані, яка поклала початок еволюції складніших органозбережних втручань. Роль цього методу в сучасній онколарингології залишається ваговою, незважаючи на стрімке впровадження як променевої терапії, так і ендоларингеальної лазерної хірургії. Поряд із трансоральною лазерною мікрохірургією та радіотерапією відкрита хордектомія належить до основних підходів до лікування злоякісних новоутворень голосового відділу гортані стадій T1–T2.

Основним показанням до виконання відкритої хордектомії є злоякісні новоутворення голосового відділу гортані ранніх стадій (переважно пухлини категорії T1–T2). Також операція показана у випадках, коли трансоральна мікрохірургія є неможливою через анатомічні особливості верхніх дихальних та травних шляхів. Варто зазначити, що застосування відкритої хордектомії має лише умовні вікові обмеження. Це дозволяє безпечно виконувати втручання у пацієнтів літнього та старечого віку, коли проведення курсу радикальної променевої терапії є протипоказаним через важку коморбідну патологію.

Хірургічна техніка полягає у видаленні голосової складки в повному обсязі. Анатомічними межами резекції є: передня комісура – спереду, голосовий відросток черпакуватого хряща – ззаду, нижній край гортанного шлуночка – зверху та нижній край голосової складки – знизу. В окремих клінічних випадках можливе розширення меж резекції з видаленням голосового відростка черпакуватого хряща, ділянки передньої комісури або гортанного шлуночка. Вибір модифікованої тактики завжди індивідуальний і зазвичай здійснюється інтраопераційно з обов'язковим досягненням негативних (чистих) країв резекції. При поширенні пухлинного процесу на суміжні анатомічні ді-

лянки або за наявності підозри на інвазію внутрішнього охрястя обґрунтованим є застосування більш радикальних хірургічних технік, описаних нижче.

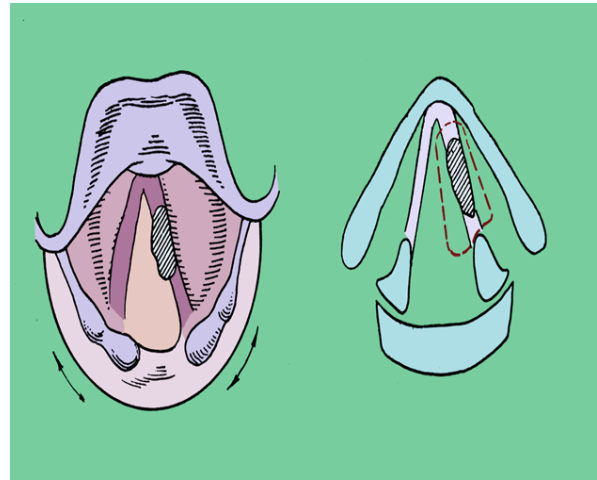


Рис. 2. Схематичне зображення техніки виконання відкритої хордектомії. Ліворуч – ендоскопічна картина на локалізації пухлини голосової складки; праворуч – аксіальний зріз гортані, де пунктирною лінією позначено межі резекційного блоку (адаптовано за “*Органосберегающее лечение рака гортани, ротоглотки их рецидивов и осложнений*” руководство под. ред. Д.И. Заболотного и др., 2014 р.).

Закриття операційного дефекту не є обов'язковим, проте пріоритетним є виконання пластики слизовим клаптем для зниження ризику кровотечі, мінімізації набряку в ранньому післяопераційному періоді та покращення подальшої якості голосу. Після повноцінного гемостазу, з метою профілактики аспірації, мобілізують вестибулярну складку для формування клаптя слизової оболонки. Цим клаптем закривають ранове ложе, підшиваючи його до вільного краю слизової оболонки підскладкового відділу. Інші методи закриття дефекту (за допомогою підпід'язикових м'язів, шкірного клаптя або тампонади рани підшкірно-жировою клітковиною) не набули широкого клінічного застосування через високу травматичність та підвищений ризик розвитку післяопераційних ускладнень [39, 40].

Вертикальні часткові резекції гортані

Вертикальні резекції гортані вперше описав Теодор Більрот (*Theodor Billroth*) у 1875 році [41]. Відтоді ця методика зазнала

численних модифікацій, найбільш значущі з яких запропонували Норріс (Norris), Сом (Som), Огура (Ogura) та Біллер (Biller) [42–45]. На сьогодні найпоширенішими варіантами вертикальних резекцій є передня, бічна, передньо-бічна та субтотальна. Незважаючи на розмаїття модифікацій, основоположний принцип вертикальних втручань полягає у моноблоковому видаленні (*en bloc*) ураженої ділянки щитоподібного хряща разом із пухлиною та суміжними м'якими тканинами.

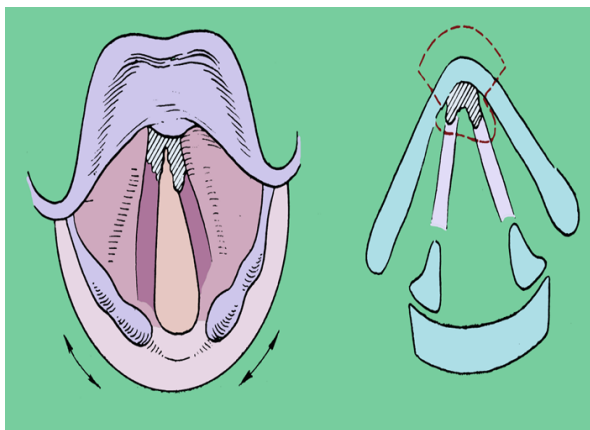


Рис. 3. Схематичне зображення техніки виконання фронтальної резекції гортані. Ліворуч – ендоскопічна картина локалізації пухлини в ділянці передньої комісури з поширенням на передні відділи обох голосових складок; праворуч – аксіальний зріз гортані, де пунктирною лінією позначено межі резекційного блоку, що включає кут щитоподібного хряща (адаптовано за “Органосберегающее лечение рака гортани, ротоглотки их рецидивов и осложнений” руководство под. ред. Д.И. Заболотного и др., 2014р.).

Залучення передньої комісури суттєво знижує показники локального контролю пухлинного процесу. Зокрема, в одному з досліджень повідомляється, що при ураженні цієї анатомічної ділянки рівень місцевого контролю знизився з 93% до 75%, при цьому виникнення локальних рецидивів призводило до зниження 10-річної виживаності пацієнтів із 63% до 31% [46]. При пухлинах категорії T2 показники місцевого контролю становлять 74–86%. Проведений метааналіз продемонстрував найкращі результати у когорті пацієнтів без обмеження рухливості голосової складки та за відсутності значної інвазії у підскладковий або вестибулярний відділи гортані [47]. Водно-

час вертикальні часткові резекції гортані мають низку абсолютних протипоказань, до яких належать: повна нерухомість черпакуватого хряща, ознаки інвазії міжчерпакуватого простору, поширення пухлини в підскладковий відділ на відстань понад 5 мм, а також ознаки інвазії перснеподібного хряща. У випадках виконання субтотальних резекцій існують чіткі вікові обмеження: пацієнтам старше 60 років проведення цього втручання не рекомендоване через високий ризик розвитку аспіраційних ускладнень у післяопераційному періоді.

Горизонтальні резекції гортані

На сьогодні немає єдиного консенсусу щодо оптимального методу лікування злоякісних новоутворень вестибулярного відділу гортані. Серед доступних терапевтичних підходів пацієнтам можуть бути запропоновані хірургічне втручання, променева терапія або їх комбінація. Уперше описана Хусто М. Алонсо (Justo M. Alonso) у 1947 році [31], горизонтальна резекція гортані як хірургічна альтернатива тотальній ларингектомії пройшла тривалу еволюцію, ставши одним з основоположних інструментів онкохірургії цієї локалізації. Проте, незважаючи на перспективні функціональні та онкологічні результати, критерії відбору пацієнтів для виконання цього втручання залишаються доволі суворими [48–51].

Щодо показань до виконання горизонтальних резекцій тривають дебати стосовно того, які клінічні випадки доцільніше лікувати хірургічно, а які – шляхом радіотерапії. Більшість пухлин вестибулярного відділу, анатомічні межі яких дозволяють виконати горизонтальну резекцію, можна успішно лікувати за допомогою променевої терапії як методу першої лінії. У таких випадках хірургічне втручання залишається резервним підходом для проведення рятівних операцій (*salvage surgery*) при неефективності консервативного лікування. Найпереконливішими аргументами на користь первинного хірургічного втручання є значний об'єм пухлинної маси (зокрема, з вираженою інвазією в переднадгортанний простір або поширенням на корінь язика), радіорезистентний верукозний підтип плоскоклітинного раку, а також категорична відмова

пацієнта від променевої терапії. Слід враховувати, що, на відміну від неефективності опромінення при ранньому раку голосового відділу, більшість ранніх вестибулярних форм, які персистують після радіотерапії, вже не підлягають функціонально-збережній резекції. Негативний вплив променевої терапії на регенерацію тканин і актокування робить тотальну ларингектомію єдиним можливим хірургічним втручанням у таких клінічних ситуаціях.

Загальні показання до виконання горизонтальної резекції гортані:

- злоякісні новоутворення вестибулярного відділу категорій T1 або T2;
- злоякісні новоутворення вестибулярного відділу категорії T3 з інвазією в переднадгортанний простір.

Протипоказання:

- поширення пухлинного процесу на голосовий відділ гортані з ураженням голосових складок або парагортанного простору;
- масивне ураження кореня язика;
- інвазія в ділянку грушоподібного синуса;
- рак категорії T4 з інвазією та поширенням за межі щитоподібного хряща;
- поширення пухлини в міжчерпакуватий простір;
- вік пацієнта понад 60 років (виконання цього втручання не рекомендоване через високий ризик тривалої дисфагії та тривалої декомпенсації актів ковтання й дихання у післяопераційному періоді).

Окрему увагу приділено перебігу післяопераційного періоду у цієї когорти пацієнтів. Накладання тимчасової трахеостоми та встановлення назогастрального зонда є ключовими факторами забезпечення адекватного загоєння ранового ложа та ранньої функціональної реабілітації. Неефективність консервативної терапії як методу першої лінії лікування злоякісних новоутворень гортані має серйозні клінічні наслідки: анатомо-функціональні особливості органа зумовлюють суттєве зниження якості життя пацієнтів після виконання рятівних операцій (*salvage surgery*). При загальнови-

домих показниках рецидиву плоскоклітинного раку гортані на рівні 16–40% [52–54], проведення рятівних втручань є поширеною клінічною практикою. Хоча протягом останнього десятиліття спостерігається незначне зниження рівня смертності від плоскоклітинного раку цієї локалізації [55], навіть успішне поєднання консервативних та хірургічних підходів супроводжується істотним негативним впливом на якість життя пацієнтів [56].

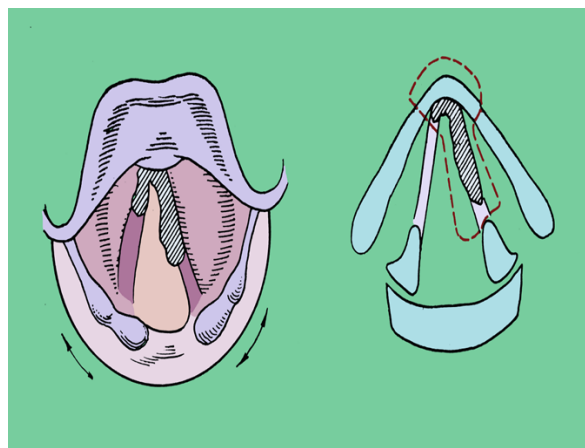


Рис. 4. Схематичне зображення техніки виконання фронто-латеральної (передньо-бічної) резекції гортані. Ліворуч – ендоскопічна картина локалізації пухлини, яка уражає передню комісуру, всю довжину однієї голосової складки та переходить на передню третину контралатеральної голосової складки; праворуч – аксіальний зріз гортані, де пунктирною лінією позначено межі резекційного блоку, що включає кут щитоподібного хряща з асиметричним розширенням у бік більшого ураження тканин (адаптовано за *“Органосберегающее лечение рака гортани, ротоглотки их рецидивов и осложнений”* руководство под. ред. Д.И. Заболотного и др., 2014 р.).

Консервативні органозбережні протоколи лікування плоскоклітинного раку гортані дозволили досягти високих онкологічних результатів, які є зіставними з показниками радикальних хірургічних втручань [57, 58]. Розвиток рецидивів після неефективного консервативного лікування зумовив виокремлення самостійного напрямку рятівних операцій (*salvage surgery*) як важливої складової сучасної ларингоонкології. Уперше описані в середині 1970-х та на початку 1980-х років [59, 60], ці втручання є серйозним клінічним викликом, що пов'язано з істотним підвищенням технічної складності маніпуляцій для хірурга та високою часто-

тою післяопераційних ускладнень. У низці досліджень було продемонстровано можливість успішного застосування часткових резекцій гортані, а останнім часом – трансоральних лазерних мікроендоскопічних втручань у випадках рецидивування пухлинного процесу. Проте більшість таких наукових праць охоплюють обмежену когорту пацієнтів із суворими критеріями відбору [61, 62]. Таким чином, тотальна ларингектомія досі зберігає за собою статус «золотого стандарту» у структурі рятівного хірургічного лікування.

Нова ера пацієнт-орієнтованої медицини зумовлює виникнення як терапевтичних викликів, так і додаткових перспектив при формуванні органозбережної стратегії лікування рецидивів раку гортані. Оскільки частка цієї когорти пацієнтів у загальній структурі онкопатології голови та шиї постійно зростає, актуальним завданням сучасної ларингоонкології є розробка нових та вдосконалення наявних хірургічних методів відкритих функціональних втручань на гортані.

Поряд із вдосконаленням оперативних технік, наступним вагомим етапом розвитку функціональної хірургії гортані є інтеграція технологій штучного інтелекту (ШІ) у процес передопераційного планування. Протягом останніх років у світовій літературі з'явилася значна кількість публікацій, що демонструють потенціал глибокого навчання, радіоміки та комп'ютерного зору в онкохірургії голови та шиї [63–65]. У веденні пацієнтів із раком гортані ШІ може мати ключове значення на кількох послідовних етапах: від високоточної доопераційної оцінки поширеності пухлинного процесу до математичного моделювання очікуваного функціонального результату.

Одним із найважливіших факторів вибору між трансоральною лазерною мікрохірургією, відкритою частковою резекцією та органозбережним хіміопроменевим лікуванням є прецизійне визначення категорії Т пухлинного процесу, а також оцінка інвазії в парагортанний простір, переднадгортанну клітковину та хрящовий каркас гортані. Радіоміка та технології глибокого навчання, застосовані для аналізу даних комп'ютерної (КТ) та магнітно-резонансної (МРТ) томо-

графії, забезпечують у цьому аспекті вищу діагностичну точність порівняно зі стандартною візуальною оцінкою радіолога. Зокрема, Liu та співавтори розробили модель машинного навчання на основі КТ-радіомної сигнатури, що дозволяє з високою чутливістю здійснювати передопераційне диференціальне стадіювання між категоріями T2 і T3 раку гортані та гортаноглотки [66]. Хіе та співавтори створили мультипараметричну MPT-модель, яка інтегрує методи радіоміки та глибокого навчання (архітектура *ResNet-18*) для диференціації ранніх (I–II) та поширених (III–IV) стадій плоскоклітинного раку гортані; ця комбінована модель за своєю точністю достовірно перевершувала як ізольовані радіомні та DL-моделі, так і досвідчених лікарів-радіологів [67]. Клінічне значення мають і моделі на основі згорткових нейронних мереж (CNN), розроблені для прогнозування інвазії пухлини в щитоподібний хрящ за даними КТ, що є ключовим критерієм для розмежування резектабельних і нерезектабельних форм новоутворень у межах планування функціональних втручань [68].

У контексті описаних оперативних втручань застосування зазначених технологій дозволить хірургу ще на доопераційному етапі отримати об'єктивну предиктивну оцінку інвазії конкретних анатомічних структур: передньої комісури, парагортанного простору, гортанного шлуночка або перснеподібного хряща. На основі цих даних стає можливим персоналізований та обґрунтований вибір між хордектомією, передньо-бічною чи горизонтальною частковою резекцією або тотальною ларингектомією.

Другою перспективною сферою застосування ШІ є прогнозування результатів лікування. Зокрема, Petruzzi та співавт. на пілотній когорті пацієнтів із раком гортані продемонстрували, що моделі машинного навчання здатні предиктувати онкологічні результати та верифікувати прогностичну роль несприятливих гістопатологічних ознак [69]. Багатоканальні моделі глибокого навчання на основі даних КТ із контрастним підсиленням дозволяють на доопераційному етапі прогнозувати загальну виживаність хворих на рак гортані з високим рівнем ро-

бастності [70]. Nakaґо та співавтори довели ефективність інтеграції радіомних ознак 18 F-FDG ПЕТ/КТ із алгоритмами машинного навчання для оцінки індивідуального прогнозу. Окремо слід відзначити дослідження Hegde та співавторів і Sampieri та співавторів, які систематизували сучасний стан розвитку ШІ в ларингології – від скринінгу до клінічного прогнозування, – наголосивши на необхідності навчання алгоритмів на репрезентативних мультицентрових масивах даних із обов'язковою інтеграцією мультимодальної інформації [72, 73].

Поява великих мовних моделей (LLM) відкриває додаткові перспективи в клінічній практиці. Зокрема, Dedivitis та співавт. у 2025 р. оцінили точність низки LLM (*GPT, Claude, Gemini, Perplexity*) у формуванні клінічних рекомендацій при місцево-поширеному раку гортані й продемонстрували, що ці ШІ-системи здатні коректно відтворювати ключові положення сучасних настанов, додаючи релевантну деталізацію щодо критеріїв відбору пацієнтів для виконання органозбережних операцій [74]. Такий підхід не замінює клінічного мислення лікаря, проте є ефективним інструментом підтримки прийняття рішень у складних клінічних випадках.

Третім вектором є інтеграція ШІ з технологіями віртуального хірургічного планування (*virtual surgical planning, VSP*), 3D-друку та доповненої реальності. В оглядах сучасної комп'ютер-асистованої хірургії голови та шиї підкреслено, що VSP, 3D-моделювання, пацієнт-специфічні шаблони та інтраопераційна навігація у поєднанні зі штучним інтелектом формують основу нової цифрової та прецизійної хірургії [75]. Алгоритми ШІ здатні автоматично сегментувати пухлину та критичні анатомічні структури (нерви, судини, хрящі) на КТ- і МРТ-зображеннях, генеруючи персоналізовану тривимірну модель гортані. Така модель дозволяє хірургу здійснювати віртуальне моделювання різних варіантів резекції (хордектомії, вертикальної чи горизонтальної резекції) ще на доопераційному етапі, об'єктивно оцінюючи очікуваний об'єм залишкових тканин та прогнозований функціональний результат [76]. Наразі тривають клінічні дослідження ефективності викори-

стання 3D-моделювання у віртуальній реальності для зниження частоти виявлення позитивних країв резекції при плоскоклітинному раку голови та шиї [77]. Це питання є особливо актуальним для функціональної хірургії гортані, де забезпечення адекватного 5-мм хірургічного краю є ключовим прогностичним фактором.

Нарешті, технології ШІ активно впроваджують у практику післяопераційної реабілітації – насамперед голосової. Зокрема, науковці Каунаського технологічного університету спільно з колегами з Литовського університету наук про здоров'я реалізують проєкт із розробки алгоритмів ШІ для автоматичного підсилення голосу та цифрового аналізу мовлення у пацієнтів, які перенесли онкохірургічні втручання на гортані. Подібні системи дозволяють об'єктивізувати оцінку голосової функції, персоналізувати програму фонопедичної реабілітації та забезпечити дистанційний моніторинг стану хворого. Це є особливо цінним після відкритих часткових резекцій, які традиційно потребують тривалого та комплексного відновлення процесів фонації та ковтання.

Окремо слід відзначити проблему обмеженості клінічних даних, оскільки рак гортані є відносно рідкісною патологією в популяціях розвинених країн, що ускладнює навчання глибоких нейромереж. Як альтернативне вирішення цієї проблеми Wichmann та співавт. запропонували генерувати реалістичні синтетичні когорти пацієнтів із раком гортані для тренування ШІ-моделей [79]. Такий підхід відкриває шлях до проведення колаборативних мультицентрових досліджень навіть в умовах суворих законодавчих обмежень щодо захисту персональних даних. Подібні наукові пошуки наразі активно впроваджують і у вітчизняній клінічній практиці [80].

Узагальнюючи вищезазначене, перспективний розвиток функціональної хірургії гортані полягає у синергії класичного клінічного досвіду онкохірурга з інструментами штучного інтелекту на всіх етапах лікувально-діагностичного процесу: від доопераційного стадіювання та віртуального планування об'єму резекції до прогнозування онкологічних і функціональних результатів та об'єктивного супроводу ре-

абілітації пацієнтів. Такий інтегрований підхід є критично важливим за умов, коли вибір між трансоральною лазерною мікрохірургією, відкритою частковою резекцією та органозбережним хіміопроменевим лікуванням вимагає суворого дотримання балансу між онкологічною радикальністю та максимальним збереженням якості життя пацієнта.

Висновки

1. Попри широке впровадження органозбережних консервативних протоколів у сучасну практику лікування раку гортані, повний спектр функціональних хірургічних втручань залишається ефективною стратегією при ранніх і помірно поширених формах цієї патології.

2. Класична функціональна хірургія із зовнішнього доступу та трансоральна лазерна мікрохірургія забезпечують стабільно сприятливі онкологічні результати за умови прецизійного дотримання критеріїв відбору пацієнтів. При цьому для більшості обмежених пухлинних уражень трансоральні ендоскопічні втручання стали пріоритетною альтернативою відкритим операціям.

3. Функціональна хірургія гортані демонструє високий рівень онкологічної радикальності та задовільні показники відновлення функцій органа навіть при інвазії в парагортанний простір і щитоподібний хрящ. Головними умовами успішного втручання є збереження щонайменше однієї рухливої черпакувато-перснеподібної одиниці та обов'язкове досягнення негативних (чистих) країв резекції.

4. Пухлинна інвазія в перснеподібний хрящ залишається найсуттєвішим анатомічним обмеженням для виконання будь-яких видів часткових резекцій гортані.

5. Вибір оптимальної терапевтичної тактики має бути суворо індивідуалізованим – залежно від локалізації та поширеності пухлинного процесу, віку й соматичного статусу пацієнта, а також досвіду та технічних навичок хірургічної бригади.

6. Інтеграція технологій штучного інтелекту в процеси передопераційного планування, прогнозування результатів та післяопераційної реабілітації має реальний потенціал для максимальної персоналізації та підвищення точності лікувально-діагностичного процесу.

References

1. Sung H, Ferlay J, Siegel RL, Laversanne M, Soerjomataram I, Jemal A, Bray F. Global cancer statistics 2020: GLOBOCAN estimates of incidence and mortality worldwide for 36 cancers in 185 countries. *CA Cancer J Clin.* 2021;71(3):209-249. doi: 10.3322/caac.21660.
2. Groome PA, O'Sullivan B, Irish JC, Rothwell DM, Math KS, Bissett RJ, Dixon PR, Eapen LJ, Gulavita SP, Hammond JA, Hodson DI, Mackenzie RG, Schneider KM, Warde PR, Mackillop WJ. Glottic cancer in Ontario, Canada and the SEER areas of the United States: do different management philosophies produce different outcome profiles? *J Clin Epidemiol.* 2001;54(3):301-315. doi: 10.1016/s0895-4356(00)00295-x.
3. Jemal A, Murray T, Ward E, Samuels A, Tiwari RC, Ghafoor A, Feuer EJ, Thun MJ. Cancer statistics, 2005. *CA Cancer J Clin.* 2005;55(1):10-30. doi: 10.3322/canjclin.55.1.10.
4. Back G, Sood S. The management of early laryngeal cancer: options for patients and therapists. *Curr Opin Otolaryngol Head Neck Surg.* 2005;13:85-91.
5. Stewart BW, Wild CP, editors. *World Cancer Report 2014.* Lyon: World Health Organization; 2014. p. 1488-1524.
6. Thomas L, Drinnan M, Natesh B, Mehanna H, Jones T, Paleri V. Open conservation partial laryngectomy for laryngeal cancer: a systematic review of English language literature. *Cancer Treat Rev.* 2012;38:203-211.
7. Caicedo-Granados E, Beswick DM, Christopoulos A, Cunningham DE, Razfar A, Ohr JP, Heron DE, Ferris RL. Oncologic and functional outcomes of

- partial laryngeal surgery for intermediate-stage laryngeal cancer. *Otolaryngol Head Neck Surg.* 2013;148(2):235-242. doi: 10.1177/0194599812466367.
8. Silver CE, Beitler JJ, Shaha AR, Rinaldo A, Ferlito A. Current trends in initial management of laryngeal cancer: the declining use of open surgery. *Eur Arch Otorhinolaryngol.* 2009;266(9):1333-1352. doi: 10.1007/s00405-009-1028-2.
 9. Peretti G, Piazza C, Mora F, Garofolo S, Guastini L. Reasonable limits for transoral laser microsurgery in laryngeal cancer. *Curr Opin Otolaryngol Head Neck Surg.* 2016;24(2):135-139. doi: 10.1097/moo.0000000000000240.
 10. Graciano AJ, Sonagli M, da Silva AG, Fischer CA, Chone CT. Partial laryngectomy in glottic cancer: complications and oncological results. *Braz J Otorhinolaryngol.* 2016;82(3):275-280. doi: 10.1016/j.bjorl.2015.05.011.
 11. Kaplan MJ, Johns ME, Clark DA, Cantrell RW. Glottic carcinoma. The roles of surgery and irradiation. *Cancer.* 1984;53(12):2641-2648. doi: 10.1002/1097-0142(19840615)53:12<2641::aid-cncr2820531212>3.0.co;2-h.
 12. Hartl DM, Ferlito A, Brasnu DF, Langendijk JA, Rinaldo A, Silver CE, Wolf GT. Evidence-based review of treatment options for patients with glottic cancer. *Head Neck.* 2011;33(11):1638-1648. doi: 10.1002/hed.21528.
 13. Succo G, Crosetti E, Bertolin A, Lucioni M, Caracciolo A, Panetta V, Sprio AE, Berta GN, Rizzotto G. Benefits and drawbacks of open partial horizontal laryngectomies, part A: early-intermediate stage glottic carcinoma. *Head Neck.* 2016;38(Suppl 1):E333-E340. doi: 10.1002/hed.23997.
 14. Ogura JH. Selection of patients for conservation surgery of the larynx and pharynx. *Trans Am Acad Ophthalmol Otolaryngol.* 1972;76:741-751.
 15. Bradford CR, Wolf GT, Fisher SG, McClatchey KD. Prognostic importance of surgical margins in advanced laryngeal squamous carcinoma. *Head Neck.* 1996;18(1):11-16. doi: 10.1002/(sici)1097-0347(199601/02)18:1<11::aid-hed2>3.0.co;2-1.
 16. Saraniti C, Speciale R, Gallina S, Salvago P. Prognostic role of resection margin in open oncologic laryngeal surgery: survival analysis of a cohort of 139 patients affected by squamous cell carcinoma. *Braz J Otorhinolaryngol.* 2019;85(5):603-610. doi: 10.1016/j.bjorl.2018.04.012.
 17. Silver CE. *Survey for cancer of the larynx and related structures.* New York: Churchill Livingstone; 1981.
 18. Sands HB. Case of cancer of the larynx, successfully removed by laryngotomy. *NY Med J.* 1865;1:110-126.
 19. Solis-Cohen J. Modern procedures in excision of intrinsic malignant growths of the larynx. *Laryngoscope.* 1907;17:365.
 20. Moure EJ. *Maladies du larynx.* Paris: Octave Doin; 1890.
 21. Kirchner JA. A historical and histological view of partial laryngectomy. *Bull N Y Acad Med.* 1986;62(8):808-817.
 22. Laurenson RD. The Emperor who smoked a pipe. *J Laryngol Otol.* 1995;109(1):1-4. doi: 10.1017/s0022215100129111.
 23. Germain HH. Laryngectomy for cancer. *JAMA.* 1904;42:954-955.
 24. Sendziak J. *The malignant laryngeal tumours.* Wiesbaden: Bergmann; 1897.
 25. Laccourreye H. Evolution of surgical treatment for cancer of the larynx in the 20th century. *Ann Otolaryngol Chir Cervicofac.* 2000;117(4):237-247.
 26. Leroux-Robert J. *Les epitheliomas intra-larynges.* Paris: Doin; 1936.
 27. Succo G, Peretti G, Piazza C, Remacle M, Eckel HE, Chevalier D, Simo R, Hantzakos AG, Rizzotto G, Lucioni M, Crosetti E, Antonelli AR. Open partial horizontal laryngectomies: a proposal for classification by the working committee on nomenclature of the European Laryngological Society. *Eur Arch Otorhinolaryngol.* 2014;271(9):2489-2496. doi: 10.1007/s00405-014-3024-4.
 28. Rouviere H. *Anatomy of the human lymphatic system.* Ann Arbor (MI): Edwards; 1938.
 29. Baclesse F. Carcinoma of the larynx. *Br J Radiol.* 1949;3:1-62.
 30. Trotter W. The principles and techniques of the operative treatment of malignant disease of the mouth and pharynx. *Lancet.* 1913;1:1147-1152.
 31. Alonso JM. Conservation surgery of cancer of the larynx. *Trans Am Acad Ophthalmol Otolaryngol.* 1947;51:633-642.
 32. Bocca E. Supraglottic laryngectomy and functional neck dissection. *J Laryngol Otol.* 1966;80(8):831-838. doi: 10.1017/s0022215100066032.
 33. Silver CE, Beitler JJ, Shaha AR, Rinaldo A, Ferlito A. Current trends in initial management of laryngeal cancer: the declining use of open surgery. *Eur Arch Otorhinolaryngol.* 2009;266(9):1333-1352. doi: 10.1007/s00405-009-1028-2.
 34. Hartl DM, Brasnu DF, Shah JP, Hinni ML, Takes RP, Olsen KD, Kowalski LP, Rodrigo JP, Strojan P, Wolf GT, Rinaldo A, Suarez C, Mendenhall WM, Paleri V, Forastiere AA, Werner JA, Ferlito A. Is open surgery for head and neck cancers truly declining? *Eur Arch Otorhinolaryngol.* 2013;270(11):2793-2802. doi: 10.1007/s00405-012-2322-y.
 35. Ferlito A, Takes RP, Silver CE, Strojan P, Haigentz M, Robbins KT, Genden EM, Hartl DM, Shaha AR, Rinaldo A, Suarez C, Olsen KD. The changing role of surgery in the current era of head and neck oncology. *Eur Arch Otorhinolaryngol.* 2013;270(7):1971-1973. doi: 10.1007/s00405-013-2353-z.

36. Kyzym VV. [Method of larynx reconstruction after its subtotal resection]. Zhurnal vushnykh, nosovykh i horlovykh khvorob. 2003;(1):58-60. [Russian].
37. Kyzym VV, Tolchinsky VV. [Vertical subtotal resections for advanced tumors of the glottic larynx]. Zhurnal vushnykh, nosovykh i horlovykh khvorob. 2016;(5s):56. [Russian].
38. Kyzym VV. [Choice of optimal tactics in the treatment of patients with laryngeal cancer based on modern information technology]. Zhurnal vushnykh, nosovykh i horlovykh khvorob. 2001;(6):17-22. [Russian].
39. Gavilan J, Cerdeira MA, Gavilan C. Laryngofissure and cordectomy without tracheostomy. Oper Tech Otolaryngol Head Neck Surg. 1993;4(4):266-270.
40. Daly JF, Kwok FN. Laryngofissure and cordectomy. Laryngoscope. 1975;85(8):1290-1297. doi: 10.1288/00005537-197508000-00004.
41. Schwartz AW. Dr. Theodore Billroth and the first laryngectomy. Ann Plast Surg. 1978;1(5):513-516.
42. Norris CM. Role and limitations of vertical hemilaryngectomy. Can J Otolaryngol. 1975;4(3):426-431.
43. Som ML. Hemilaryngectomy — a modified technique for cordal carcinoma with extension posteriorly. AMA Arch Otolaryngol. 1951;54(5):524-533.
44. Biller HF, Ogura JH, Pratt LL. Hemilaryngectomy for T2 glottic cancers. Arch Otolaryngol. 1971;93(3):238-243.
45. Ogura JH, Sessions DG, Spector GJ. Analysis of surgical therapy for epidermoid carcinoma of the laryngeal glottis. Laryngoscope. 1975;85(9):1522-1530.
46. Laccourreye O, Weinstein G, Brasnu D, Trotoux J, Laccourreye H. Vertical partial laryngectomy: a critical analysis of local recurrence. Ann Otol Rhinol Laryngol. 1991;100(1):68-71. doi: 10.1177/000348949110000111.
47. Tufano RP, Stafford EM. Organ preservation surgery for laryngeal cancer. Otolaryngol Clin North Am. 2008;41:741-755.
48. Bocca E. Surgical management of supraglottic cancer and its lymph node metastases in a conservative perspective. Ann Otol Rhinol Laryngol. 1991;100:261-267.
49. DeSanto LW. Early supraglottic cancer. Ann Otol Rhinol Laryngol. 1990;99:593-597.
50. Levendag P, Vikram B. The problem of neck relapse in early stage supraglottic cancer — results of different treatment modalities for the clinically negative neck. Int J Radiat Oncol Biol Phys. 1987;13:1621-1624.
51. Mendenhall WM, Parsons JT, Mancuso AA. Radiotherapy for squamous cell carcinoma of the larynx: an alternative to surgery. Head Neck. 1996;18:24-35.
52. Goodwin WJ Jr. Salvage surgery for patients with recurrent squamous cell carcinoma of the upper aerodigestive tract: when do the ends justify the means? Laryngoscope. 2000;110(3 Pt 2 Suppl 93):1-18.
53. Haapaniemi A, Koivunen P, Saarilahti K, Kinnunen I, Laranne J, Aaltonen LM, Narkio M, Lindholm P, Grenman R, Makitie A, Atula T, Finnish Head and Neck Oncology Working Group. Laryngeal cancer in Finland: a 5-year follow-up study of 366 patients. Head Neck. 2016;38(1):36-43. doi: 10.1002/hed.23834.
54. Ritoe SC, Verbeek AL, Krabbe PF, Kaanders JH, van den Hoogen FJ, Marres HA. Screening for local and regional cancer recurrence in patients curatively treated for laryngeal cancer. Head Neck. 2007;29(5):431-438. doi: 10.1002/hed.20534.
55. Noone AM, Howlader N, Krapcho M, et al. SEER Cancer Statistics Review, 1975-2015. Bethesda (MD): National Cancer Institute; 2018.
56. Singer S, Danker H, Guntinas-Lichius O, Oeken J, Pabst F, Schock J, Vogel HJ, Meister EF, Wulke C, Dietz A. Quality of life before and after total laryngectomy: results of a multicenter prospective cohort study. Head Neck. 2014;36(3):359-368. doi: 10.1002/hed.23305.
57. Weber RS, Berkey BA, Forastiere A, Cooper J, Maor M, Goepfert H, Morrison W, Glisson B, Trotti A, Ridge JA, Chao KS, Peters G, Lee DJ, Leaf A, Ensley J. Outcome of salvage total laryngectomy following organ preservation therapy: the Radiation Therapy Oncology Group trial 91-11. Arch Otolaryngol Head Neck Surg. 2003;129(1):44-49. doi: 10.1001/archotol.129.1.44.
58. Department of Veterans Affairs Laryngeal Cancer Study Group, Wolf GT, Fisher SG, Hong WK, Hillman R, Spaulding M, Laramore GE, Endicott JW, McClatchey K, Henderson WG. Induction chemotherapy plus radiation compared with surgery plus radiation in patients with advanced laryngeal cancer. N Engl J Med. 1991;324(24):1685-1690. doi: 10.1056/nejm199106133242402.
59. Ballantyne AJ, Fletcher GH. Surgical management of irradiation failures of nonfixed cancers of the glottic region. Am J Roentgenol Radium Ther Nucl Med. 1974;120(1):164-168.
60. Shamboul K, Doyle-Kelly W, Bailey D. Results of salvage surgery following radical radiotherapy for laryngeal carcinoma. J Laryngol Otol. 1984;98(9):905-907.
61. Ganly I, Patel SG, Matsuo J, Singh B, Kraus DH, Boyle JO, Wong RJ, Shaha AR, Lee N, Shah JP. Results of surgical salvage after failure of definitive radiation therapy for early-stage squamous cell carcinoma of the glottic larynx. Arch Otolaryngol Head Neck Surg. 2006;132(1):59-66. doi: 10.1001/archotol.132.1.59.
62. Weiss BG, Bertlich M, Canis M, Ihler F. Transoral laser microsurgery or total laryngectomy for recur-

- rent squamous cell carcinoma of the larynx: retrospective analysis of 199 cases. *Head Neck*. 2017; 39(6):1166-1176.
63. Sampieri C, Baldini C, Azam MA, Moccia S, Mattos LS, Vilaseca I, Peretti G, Ioppi A. Artificial intelligence for upper aerodigestive tract endoscopy and laryngoscopy: a guide for physicians and state-of-the-art review. *Otolaryngol Head Neck Surg*. 2023;169(4):811-829. doi: 10.1002/ohn.343.
 64. Paderno A, Bedi N, Rau A, Holsinger CF. Computer vision and videomics in otolaryngology-head and neck surgery: bridging the gap between clinical needs and the promise of artificial intelligence. *Otolaryngol Clin North Am*. 2024;57(5):703-718. doi: 10.1016/j.otc.2024.05.005.
 65. Loperfido A, Celebrini A, Marzetti A, Bellocchi G. Current role of artificial intelligence in head and neck cancer surgery: a systematic review of literature. *Explor Target Antitumor Ther*. 2023; 4(5):933-940.
 66. Liu Q, Liu S, Mao Y, Kang X, Yu M, Chen G. Machine learning model to preoperatively predict T2/T3 staging of laryngeal and hypopharyngeal cancer based on the CT radiomic signature. *Eur Radiol*. 2024;34(8):5349-5359.
 67. Xie K, Jiang H, Chen X, Ning Y, Yu Q, Lv F, Liu R, Zhou Y, Xu L, Yue Q, Peng J. Multiparameter MRI-based model integrating radiomics and deep learning for preoperative staging of laryngeal squamous cell carcinoma. *Sci Rep*. 2025; 15(1):16239. doi: 10.1038/s41598-025-01270-1.
 68. Guo R, Guo J, Zhang L, Qu X, Dai S, Peng R, Chong VFH, Xian J. CT-based radiomics features in the prediction of thyroid cartilage invasion from laryngeal and hypopharyngeal squamous cell carcinoma. *Cancer Imaging*. 2020;20(1):81. doi: 10.1186/s40644-020-00359-2.
 69. Petrucci G, Coden E, Iocca O, di Maio P, Pichi B, Campo F, De Virgilio A, Francesco M, Vidiri A, Pellini R. Machine learning in laryngeal cancer: a pilot study to predict oncological outcomes and the role of adverse features. *Head Neck*. 2023; 45(8):2068-2078. doi: 10.1002/hed.27434.
 70. Ma H, Wei W, Zhang J, Liang L, Zhang L, Wang W, Zhang Q, Zhang Q, Hao Y, Li Z, Wang L, Zhang H. Multi-channel deep learning radiomics model based on contrast-enhanced CT for predicting postoperative prognosis in laryngeal carcinoma. *BMC Cancer*. 2025;25(1):1597. doi: 10.1186/s12885-025-14912-4.
 71. Nakajo M, Nagano H, Jinguji M, Kamimura Y, Masuda K, Takumi K, Tani A, Hirahara D, Kariya K, Yamashita M, Yoshiura T. The usefulness of machine-learning-based evaluation of clinical and pretreatment 18F-FDG-PET/CT radiomic features for predicting prognosis in patients with laryngeal cancer. *Br J Radiol*. 2023;96(1149):20220772. doi: 10.1259/bjr.20220772.
 72. Bensoussan Y, Vanstrum EB, Johns MM 3rd, Rameau A. Artificial Intelligence and Laryngeal Cancer: From Screening to Prognosis: A State of the Art Review. *Otolaryngol Head Neck Surg*. 2023 Mar;168(3):319-329. doi: 10.1177/01945998221110839.
 73. Papadopoulou AM, Matsopoulos GK, Kouloulis V, Kyrodimos E, Papouliakos S, Menegaki O, Economopoulos TL, Lazarou I, Delides A. The application of radiomics in laryngeal cancer management: a scoping review of the literature. *Laryngoscope*. 2026;136(4):1614-1626. doi: 10.1002/lary.70197.
 74. Dedivitis RA, de Castro MAF, Matos LL, Ribeiro DA, Duarte BP, Kowalski LP. Artificial intelligence in laryngeal cancer management: enhancing guidelines or redefining standards? *Laryngoscope Investig Otolaryngol*. 2025;10(6):e70296. doi: 10.1002/lto.2.70296.
 75. Su YX, Thieringer FM, Fernandes R, Parmar S. Virtual surgical planning and 3D printing in head and neck tumor resection and reconstruction: editorial. *Front Oncol*. 2022;12:960545. doi: 10.3389/fonc.2022.960545.
 76. Revolutionizing head and neck reconstruction: the integration of artificial intelligence and virtual reality in surgical practice [preprint]. *Preprints*; 2025. doi: 10.20944/preprints202503.0087.v1.
 77. Virtual reality 3D-surgery modeling to enhance head and neck cancer surgery quality. *ClinicalTrials.gov identifier: NCT05031910*.
 78. Development of artificial intelligence-based automated voice and speech enhancement algorithms for patients after laryngeal cancer surgery. Kaunas University of Technology, Lithuanian University of Health Sciences; 2023-2026.
 79. Katalinic M, Schenk M, Franke S, Katalinic A, Neumuth T, Dietz A, Stoehr M, Gaebel J. Generation of a realistic synthetic laryngeal cancer cohort for AI applications. *Cancers (Basel)*. 2024;16(3):639. doi: 10.3390/cancers16030639.
 80. Zabolotnyy DI, Lysenko YuG, Kyzym VV. [Neural network expert systems in oncological practice]. *Rhinology*. 2011;(2):63-70. [Russian].

Надійшла до редакції 23.06.2026

© В.В. Кізім, В.В. Толчинський, В.Д. Герц, П.Р. Коровіцький, 2026

ФУНКЦІОНАЛЬНА ХІРУРГІЯ ЗЛОЯКІСНИХ НОВОУТВОРЕНЬ ГОРТАНІ

Кізім ВВ, Толчинський ВВ, Герц ВД, Коровіцький ПР
Державна установа «Інститут отоларингології ім. проф. О.С. Коломійченка
Національної академії медичних наук України»
Email: vvkizim@gmail.com

А н о т а ц і я

У лекції систематизовано сучасні уявлення про еволюцію та клінічне застосування методів функціональної (органозбережної) хірургії при плоскоклітинному раку гортані ранніх і помірно поширених стадій (категорії T1–T3). Детально розглянуто історичні витoki та анатомо-фізіологічне обґрунтування консервативних втручань, де ключовим фактором збереження функцій дихання, ковтання та фонації є верифікація інтактності щонайменше однієї рухливої черпакувато-персноподібної одиниці та досягнення негативних (чистих) країв резекції. Проведено порівняльний аналіз ефективності відкритої хордектомії, вертикальних і горизонтальних часткових резекцій порівняно з трансоральною лазерною мікрохірургією та променевою терапією, зокрема в контексті виконання рятувних операцій (*salvage surgery*) при рецидивах пухлинного процесу. Окрему увагу приділено інноваційному вектору розвитку онколарингології – інтеграції технологій штучного інтелекту (ШІ), методів глибокого навчання (DL, CNN), радіоміки та віртуального хірургічного планування (VSP). Продемонстровано потенціал ШІ у високоточному передопераційному стадіюванні, математичному прогнозуванні онкологічних результатів і персоналізації фонопедичної реабілітації пацієнтів.

Ключові слова: рак гортані; функціональна хірургія; відкрита хордектомія; часткова резекція; рятувна хірургія; штучний інтелект; радіоміка; голосова реабілітація.

FUNCTIONAL SURGERY FOR MALIGNANT LARYNGEAL TUMORS

Kyzym VV, Tolchynskiy VV, Herts VD, Korovitskiy PR
State Institution "O.S. Kolomyichenko Institute of Otolaryngology
of the National Academy of Medical Sciences of Ukraine"
Email: vvkizim@gmail.com

A b s t r a c t

The lecture systematizes modern concepts of the evolution and clinical application of functional (organ-preserving) surgical methods for early and moderately advanced stages (categories T1–T3) of squamous cell laryngeal carcinoma. The historical origins and anatomical-physiological rationale of conservative interventions are reviewed in detail. The preservation of breathing, swallowing, and phonation functions relies fundamentally on verifying the integrity of at least one mobile cricoarytenoid unit and achieving negative (clear) surgical margins. A comparative analysis evaluates the efficacy of open corpectomy, vertical, and horizontal partial laryngectomies against transoral laser microsurgery and radiation therapy, particularly in the context of salvage surgery for tumor recurrence. Special emphasis is placed on the innovative direction in oncological laryngology—the integration of artificial intelligence (AI) technologies, deep learning methods (DL, CNN), radiomics, and virtual surgical planning (VSP). The potential of AI is demonstrated in highly accurate preoperative staging, mathematical prediction of oncological outcomes, and personalization of phonopedic rehabilitation for patients.

Keywords: laryngeal cancer; functional surgery; open corpectomy; partial laryngectomy; salvage surgery; artificial intelligence; radiomics; voice rehabilitation.