



УКРАЇНА

(19) **UA** (11) **97779** (13) **C2**
(51) МПК

A61B 5/08 (2006.01)

A61B 5/087 (2006.01)

ДЕРЖАВНА СЛУЖБА
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ
ВЛАСНОСТІ
УКРАЇНИ

(12) ОПИС ДО ПАТЕНТУ НА ВИНАХІД

<p>(21) Номер заявки: а 2011 08547</p> <p>(22) Дата подання заявки: 07.07.2011</p> <p>(24) Дата, з якої є чинними права на винахід: 12.03.2012</p> <p>(41) Публікація відомостей про заяву: 25.11.2011, Бюл.№ 22</p> <p>(46) Публікація відомостей про видачу патенту: 12.03.2012, Бюл.№ 5</p>	<p>(72) Винахідник(и): Аврунін Олег Григорович (UA), Кнігавко Юрій Володимирович (UA), Журавльов Анатолій Семенович (UA), Калашник Юлія Михайлівна (UA), Саєд Хушам Ісмаїл (UA), Пащенко Андрій Анатолійович (UA)</p> <p>(73) Власник(и): ХАРКІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ РАДІОЕЛЕКТРОНІКИ, пр. Леніна, 14, м. Харків, 61166 (UA)</p> <p>(56) Перелік документів, взятих до уваги експертизою: UA 92395 C2, 25.10.2010 Носуля Е.В., Ким И.А. Предоперационное обследование больных с деформациями наружного носа // Российская ринология. - 2000. - № 3. - С.36-38 И.В.Вовк, О.И. Вовк. О возможности физического моделирования шумов, генерируемых потоком воздуха в элементах дыхательных путей человека. «Акустичний вісник». 1999. Том 2, №2, стр.11-25. Знайдено в Інтернеті 07.12.2011/ http://dspace.nbuv.gov.ua:8080/dspace/bitstream/handle/123456789/1075/02%20-%20Vovk.PDF?sequence=1</p>
---	--

(54) СПОСІБ ПЛАНУВАННЯ РИНОЛОГІЧНИХ ФУНКЦІОНАЛЬНО ЕСТЕТИЧНИХ ОПЕРАТИВНИХ ВТРУЧАНЬ

(57) Реферат:

Винахід належить до галузі медицини і стосується способу планування ринологічних функціонально-естетичних оперативних втручань. У способі за винаходом використовується єдина узагальнена воксельна томографічна модель верхніх дихальних шляхів, яка дозволяє при віртуальному моделюванні ринохірургічного оперативного втручання відразу визначати зміни внутрішніх (функціональних) та зовнішніх (естетичних) анатомічних структур носа.

UA 97779 C2

Винахід належить до області медицини, а власне до оториноларингології, і може бути використаний для діагностики та хірургічному лікуванні захворювань верхніх дихальних шляхів.

Відомий спосіб передопераційного обстеження пацієнтів з деформаціями зовнішнього носу див. [Носуля Е.В., Ким І.А. Предоперационное обследование больных с деформациями наружного носа// Российская ринология.-2000.- № 3.- С.36-38], що складається з проведення ринометричних досліджень, виконання ендоскопічного обстеження порожнини носа, проведення функціональних досліджень верхніх дихальних шляхів, виконання інтроскопічного обстеження стану носових пазух та проведення психо-емоційного аналізу статусу пацієнта.

Однак у даному способі не проводиться побудова аеродинамічної моделі верхніх дихальних шляхів та геометричної поверхневої моделі обличчя, що не дозволяє проводити прогнозування функціональних та естетичних результатів ринохірургічних втручань.

Найбільш близьким за сукупністю ознак є спосіб планування оперативних втручань при лікуванні порушень повітряної провідності верхніх дихальних шляхів [див. Пат. України № 92395 МПК(2009) А61В 5/087, опубл. 26.10.2010, Бюл. №20, 2010], який складається з проведення ринометричних досліджень, виконання ендоскопічного обстеження порожнини носа, проведення функціональних досліджень верхніх дихальних шляхів, виконання інтроскопічного обстеження стану носових пазух, проведення процедури формування просторової сегментованої лофтингової моделі повітряних шляхів носової порожнини, побудови аеродинамічної моделі верхніх дихальних шляхів для визначення витрати Q повітря за формулою:

$$Q = \frac{\Delta p}{\rho_g \frac{\Delta l}{S}} = \frac{\Delta p}{R}$$

де Δl - довжина ділянки носового ходу,

S - площа перетину ділянки носового ходу,

Δp - перепад тиску повітря на ділянці носового ходу,

R - аеродинамічний опір на ділянці носового ходу,

$\rho_g = 8 \cdot 10^{-5} / r^2$ - характеристичний аеродинамічний опір,

де $\eta \approx 1,7 \cdot 10^{-5}$ Па·с - коефіцієнт динамічної в'язкості для повітря при нормальних умовах,

r - радіус перетину ділянки носового ходу,

віртуального моделювання корекції форми анатомічних структур шляхом зміщення кісткових утворень та скорочення об'єму слизової оболонки на просторовій сегментованій лофтинговій моделі повітряних шляхів носової порожнини для зменшення локальних аеродинамічних опорів носових ходів, визначення основних аеродинамічних показників носового дихання та прогнозування результатів оперативного втручання щодо покращення повітряної провідності носових ходів за формулами $R_Q = Q_2 / Q_1 \cdot 100\%$ та $K_R = R_1 / R_2 \cdot 100\%$, які характеризують

процентні співвідношення між існуючими Q_1 , R_1 та прогнозованими Q_2 , R_2 параметрами витрати повітря та аеродинамічного опору верхніх дихальних шляхів відповідно.

Однак у даному способі не використовується єдина узагальнена воксельна томографічна модель верхніх дихальних шляхів, яка дозволяє при віртуальному моделюванні ринохірургічного оперативного втручання відразу визначати зміни внутрішніх (функціональних) та зовнішніх (естетичних) анатомічних структур носа, не проводиться прогнозування естетичних змін структур носа за об'єктивними геометричними критеріями, а аеродинамічна модель верхніх дихальних шляхів не враховує турбулентний режим течії повітря у носової порожнині, який є основним при форсованому диханні.

В основу винаходу поставлена задача створення такого способу планування ринологічних функціонально-естетичних оперативних втручань, який дозволяв би, за рахунок використання єдиної узагальненої воксельної томографічної моделі верхніх дихальних шляхів та урахування турбулентного режиму течії повітря у носової порожнині, відразу визначати зміни внутрішніх (функціональних) та зовнішніх (естетичних) анатомічних структур носа при віртуальному моделюванні ринохірургічного оперативного втручання, проводити прогнозування естетичних змін структур носа за об'єктивними геометричними критеріями, підвищити точність та ефективність планування ринологічних функціонально-естетичних оперативних втручань.

Такий технічний результат може бути досягнутий, якщо в способі планування ринологічних функціонально-естетичних оперативних втручань, який складається з проведення ринометричних досліджень, виконання ендоскопічного обстеження порожнини носа, проведення функціональних досліджень верхніх дихальних шляхів, виконання інтроскопічного обстеження стану носових пазух, проведення процедури формування просторової сегментованої лофтингової моделі повітряних шляхів носової порожнини, побудови аеродинамічної моделі

верхніх дихальних шляхів для визначення витрати Q повітря, віртуального моделювання корекції форми анатомічних структур шляхом зміщення кісткових утворень та скорочення об'єму слизової оболонки на просторовій сегментованій лофтинговій моделі повітряних шляхів носової порожнини для зменшення локальних аеродинамічних опорів носових ходів, визначення основних аеродинамічних показників носового дихання та прогнозування результатів оперативного втручання щодо покращення повітряної провідності носових ходів за формулами $R_Q = Q_2 / Q_1 \cdot 100\%$ та $K_R = R_1 / R_2 \cdot 100\%$, які характеризують процентні співвідношення між існуючими Q_1 , R_1 та прогнозованими Q_2 , R_2 параметрами витрати повітря та аеродинамічного опору верхніх дихальних шляхів відповідно, згідно з винаходом додаткові ринометричні дослідження, формування просторової сегментованої лофтингової моделі повітряних шляхів носової порожнини та віртуальне моделювання корекції форми анатомічних структур здійснюються за рахунок використання єдиної узагальненої воксельної томографічної моделі верхніх дихальних шляхів, визначення витрати Q повітря в верхніх дихальних шляхах виконують за формулою, яка дозволяє враховувати режим течії повітря при носовому диханні:

$$Q = \sqrt{\frac{\Delta p}{\lambda \rho \sum_{i=1}^N \frac{\Delta l_i}{S_i^2}}}$$

де Δp - перепад тиску повітря в носовому ході,
 где $\lambda = 64 / Re$ для ламінарного та $\lambda = 0,32 / Re^{0,25}$ для турбулентного режимів течії повітря відповідно;
 Re - число Рейнольдса для режиму течії повітря в носовій порожнині;

$\rho = 1,205 \text{ км} / \text{м}^3$ - щільність повітря;
 r - усереднений радіус перетину носового ходу;
 N - кількість ділянок носового ходу;
 Δl_i - довжина i -ї ділянки носового ходу,
 S_i - площа перетину ділянки носового ходу;
 R - аеродинамічний опір носового ходу,

та визначають n коефіцієнтів $K^{(1)} E_n = |P_{O_n} - P_{H_n}| / P_{H_n} \cdot 100\%$ та $K^{(2)} E_n = |P_{M_n} - P_{H_n}| / P_{H_n} \cdot 100\%$, які об'єктивно характеризують відносні естетичні зміни геометричних характеристик P_{O_n} , P_{M_n} зовнішнього носа до та після віртуальної корекції відповідно, відносно нормальних значень P_{H_n} геометричних характеристик зовнішнього носа.

Таким чином, за рахунок застосування в способі планування ринологічних функціонально-естетичних оперативних втручань єдиної узагальненої воксельної томографічної моделі верхніх дихальних шляхів та урахування турбулентного режиму течії повітря у носовій порожнині, досягається можливість відразу визначати зміни внутрішніх (функціональних) та зовнішніх (естетичних) анатомічних структур носа при віртуальному моделюванні ринохірургічного оперативного втручання, проведення прогнозування естетичних змін структур носа за об'єктивними геометричними критеріями, підвищення точності та ефективності планування ринологічних функціонально-естетичних оперативних втручань.

На фіг. 1(а) представлено аксіальний розріз узагальненої воксельної томографічної моделі верхніх дихальних шляхів на рівні носової порожнини; на фіг. 1(б) представлено вигляд зовнішніх анатомічних структур голови узагальненої воксельної томографічної моделі верхніх дихальних шляхів; на фіг. 2 наведено приклад визначення об'єктивних естетичних параметрів зовнішнього носа у сагітальній проекції узагальненої воксельної томографічної моделі верхніх дихальних шляхів в режимі напівпрозорості шкірного покриву.

Спосіб, що пропонується, може бути реалізований так: виконуються ринометричні дослідження, що включають визначення анатомічної форми та розмірів зовнішнього носу: проводиться оцінювання ступеня деформації зовнішнього носу шляхом вимірювань відстаней між серединною лінією носу та найбільш латеральною точкою його поверхні, виміри висоти зовнішнього носу у фронтальній та сагітальній площинах. Далі виконується ендоскопічне обстеження носу, що включає огляд різних відділів верхніх дихальних шляхів за допомогою оптичного відеоендоскопа для безпосереднього візуального оцінювання локалізації та ступеня деформації глибоко розташованих анатомічних структур носової порожнини. На наступному етапі виконуються функціональні дослідження верхніх дихальних шляхів, основними з яких є

риноманометричне дослідження (передня та задня активна риноманометрія) та дослідження нюхальних порушень, що вказує на ступінь пошкодження нюхальних рецепторів. Метод передньої активної риноманометрії дозволяє об'єктивно оцінити параметри носового дихання (витрату повітря при диханні, відповідні різницю тиску повітря та аеродинамічний опір верхніх дихальних шляхів). Далі виконується інтроскопічне дослідження порожнини носа та навколоносових пазух за даними рентгенівської спіральної комп'ютерної томографії. Сканування виконують з кроком 1 мм паралельно базової площини черепа.

За даними аксіальних томографічних зрізів виконується формування єдиної узагальненої воксельної томографічної моделі верхніх дихальних шляхів, яка містить структуровані дані щодо розташування кісткових та хрящових об'єктів носової порожнини а також слизової оболонки, шкірних покривів зовнішнього носа, повітряних шляхів та навколоносових пазух (див. фіг. 1(а) та фіг. 1(б)). Далі за даними створеної узагальненої воксельної томографічної моделі за допомогою розробленого програмного забезпечення виконується формування та візуалізація лофтингової просторової моделі повітряних шляхів носової порожнини, яка містить тільки контури структур, які обмежують порожнину носу та навколоносових пазух. Далі виконують побудову аеродинамічної моделі верхніх дихальних шляхів. Використання моделі дозволяє провести кількісну оцінку основних аеродинамічних параметрів, що характеризують процес проходження повітря через носову порожнину. При цьому, в залежності від значення числа Re Рейнольда, яке визначається за формулою:

$$Re = \frac{v \cdot 4S}{\mu \nu}$$

де v - середня швидкість повітря в носовій порожнині (задається для різних режимів дихання - спокійного (при витраті повітря 0,3 л/с), нормального (при витраті повітря 1 л/с), форсованого (при витраті повітря 2 л/с));

ν - коефіцієнт кінематичної в'язкості, що дорівнює для повітря при нормальних умовах $1,5 \cdot 10^{-5} \text{ м}^2/\text{с}$;

S - середня площа перетину носового ходу;

μ - змочений периметр носового ходу,

визначають витрату повітря в верхніх дихальних шляхах за формулою

$$Q = \sqrt{\frac{\Delta p}{\lambda_p \sum_{i=1}^N \frac{\Delta l_i}{S_i^2}}} = \sqrt{\frac{\Delta p}{R}}$$

Для режиму спокійного дихання число Рейнольда $Re \leq 1700$ менш ніж критичне $Re_{кр} = 2300$. Тому режим течії повітря приймається як ламінарний, в інших режимах дихання (при нормальному та форсованому диханні $Re \geq 2500$ та $Re \geq 5000$ відповідно) вибирається турбулентний режим течії повітря і виконуються відповідні розрахунки, які засновані на апроксимації ділянок носових ходів ділянками труби з круглим перетином. Загальний перепад Δp тиску повітря у верхніх дихальних шляхах визначається за даними задньої активної риноманометрії відповідно до режиму дихання.

Віртуальне моделювання корекції форми анатомічних структур носа (як внутрішніх так і зовнішніх) проводиться на основі узагальненої воксельної томографічної моделі верхніх дихальних шляхів та передбачає корекцію анатомічних структур верхніх дихальних шляхів - зміщення та часткове видалення кісткових утворень та скорочення об'єму слизової оболонки для зменшення локальних аеродинамічних опорів носових ходів. Розрахунки основних аеродинамічних показників щодо змодельованої носової порожнини виконуються на знову сформованих сегментованій лофтинговій та аеродинамічній моделі верхніх дихальних шляхів. При цьому досягається можливість відразу визначати зміни за даними єдиної узагальненої воксельної томографічної моделі внутрішніх (функціональних) та зовнішніх (естетичних) анатомічних структур носа при віртуальному моделюванні ринохірургічного оперативного втручання.

Далі виконується прогнозування ефективності функціональних та естетичних результатів оперативного втручання за даними об'єктивних показників. Покращення повітряної провідності носових ходів (функціональний результат) визначається розрахунком коефіцієнтів $K_Q = Q_2/Q_1 \cdot 100\%$ та $R_R = R_1/R_2 \cdot 100\%$, які характеризують процентні співвідношення між існуючими Q_1 , R_1 та прогнозованими Q_2 , R_2 параметрами витрати повітря та аеродинамічного опору верхніх дихальних шляхів відповідно.

Покращення естетичної форми зовнішнього носу визначається розрахунком n коефіцієнтів $K^{(1)}E_n = |P_{O_n} - P_{H_n}| / P_{H_n} \cdot 100\%$ та $K^{(2)}E_n = |P_{M_n} - P_{H_n}| / P_{H_n} \cdot 100\%$, які об'єктивно характеризують відносні естетичні зміни геометричних характеристик P_{O_n} , P_{M_n} зовнішнього носу до та після віртуальної корекції відповідно, відносно нормальних значень P_{H_n} геометричних характеристик зовнішнього носу. Геометричні характеристики зовнішнього носу визначаються шляхом виконання додаткових ринометричних досліджень за даними узагальненої воксельної моделі верхніх дихальних шляхів. Кількість (n) коефіцієнтів визначається індивідуально і залежить від виду патології та типу її корекції (пластики), і, як правило, заснована на визначенні 3-5 лінійних або кутових характеристик. На фіг. 2 показано приклад визначення об'єктивних естетичних параметрів зовнішнього носу у сагітальній проекції узагальненої воксельної томографічної моделі верхніх дихальних шляхів в режимі напівпрозорості шкірного покриву. При цьому визначаються довжини α_{O_1} , α_{M_1} та b_{O_1} , b_{M_1} кінчику та спинки носа відповідно до та після віртуальної корекції носових структур та розрахунок коефіцієнтів:

$$K^{(1)}E_n = |\alpha_{O_1} / b_{O_1} - 0,67| / 0,67 \cdot 100\%, \quad K^{(2)}E_n = |\alpha_{M_1} / b_{M_1} - 0,67| / 0,67 \cdot 100\%$$

що характеризують процентне відхилення від нормального показника ($\alpha_{H_1} / b_{H_1} = 0,67$) до та після оперативного втручання. Також використовуються коефіцієнти, які пов'язані з вимірами висоти носа, форми колумели, носолобових, носогубових та колумелового кутів. Використання узагальненої воксельної томографічної моделі верхніх дихальних шляхів у напівпрозорому режимі дозволяє чітко визначити кісткові орієнтири та м'які тканинні зовнішнього носу.

Використання даного способу дає можливість на етапі хірургічного планування провести кількісну оцінку післяопераційного покращення функціональних та естетичних результатів оперативного втручання. Спосіб пройшов клінічну апробацію на 19 пацієнтах в оториноларингологічному відділенні Харківської обласної клінічної лікарні з проведенням в післяопераційному періоді риноманометрії та спіральної комп'ютерної томографії.

ФОРМУЛА ВИНАХОДУ

Спосіб планування ринологічних функціонально-естетичних оперативних втручань, який складається з проведення ринометричних досліджень, виконання ендоскопічного обстеження порожнини носа, проведення функціональних досліджень верхніх дихальних шляхів, виконання інтроскопічного обстеження стану носових пазух, проведення процедури формування просторової сегментованої лофтингової моделі повітряних шляхів носової порожнини, побудови аеродинамічної моделі верхніх дихальних шляхів для визначення витрати Q повітря, віртуального моделювання корекції форми анатомічних структур шляхом зміщення кісткових утворень та скорочення об'єму слизової оболонки на просторовій сегментованій лофтинговій моделі повітряних шляхів носової порожнини для зменшення локальних аеродинамічних опорів носових ходів, визначення основних аеродинамічних показників носового дихання та прогнозування результатів оперативного втручання щодо покращення повітряної провідності носових ходів за формулами $K_Q = Q_2 / Q_1 \cdot 100$ та $K_R = R_1 / R_2 \cdot 100\%$, які характеризують процентні співвідношення між існуючими Q_1 , R_1 та прогнозованими Q_2 , R_2 параметрами витрати повітря та аеродинамічного опору верхніх дихальних шляхів відповідно, який **відрізняється** тим, що додаткові ринометричні дослідження, формування просторової сегментованої лофтингової моделі повітряних шляхів носової порожнини та віртуальне моделювання корекції форми анатомічних структур здійснюються за рахунок використання єдиної узагальненої воксельної томографічної моделі верхніх дихальних шляхів, визначення витрати Q повітря в верхніх дихальних шляхах виконують за формулою, яка дозволяє враховувати режим течії повітря при носовому диханні:

$$Q = \sqrt{\frac{\Delta p}{\lambda_p \sum_{i=1}^N \frac{\Delta l_i}{S_i^2}}} = \sqrt{\frac{\Delta p}{R}},$$

де Δp - перепад тиску повітря в носовому ході,

де $\lambda = 64/Re$ для ламінарного та $\lambda = 0,32/Re^{0,25}$ для турбулентного режимів течії повітря відповідно;

Re - число Рейнольдса для режиму течії повітря в носової порожнині;

$\rho = 1,205 \text{ кг/м}^3$ - щільність повітря;

r - усереднений радіус перетину носового ходу;

N - кількість ділянок носового ходу;

Δl_i - довжина i -ї ділянки носового ходу;

5 S_i - площа перетину ділянки носового ходу;

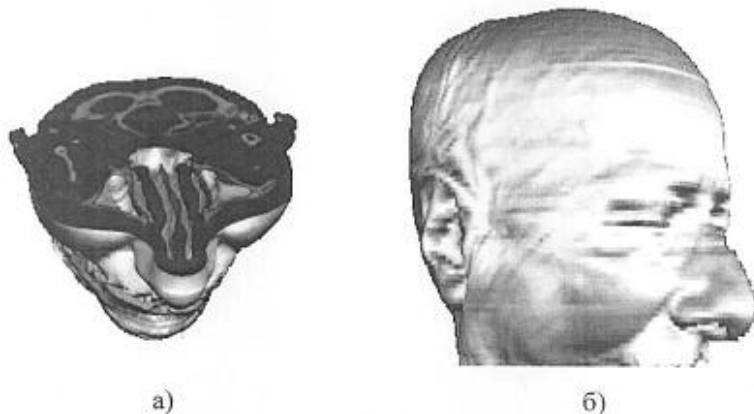
R - аеродинамічний опір носового ходу,

та визначають n коефіцієнтів $K^{(1)}E_n = |P_{O_n} - P_{H_n}| / P_{H_n} \cdot 100\%$ та $K^{(2)}E_n = |P_{M_n} - P_{H_n}| / P_{H_n} \cdot 100\%$, які

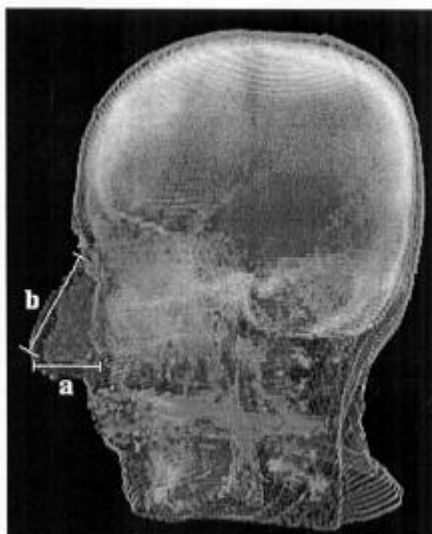
об'єктивно характеризують відносні естетичні зміни геометричних характеристик P_{O_n} , P_{M_n}

10

геометричних характеристик зовнішнього носа.



Фіг. 1



Фіг. 2

Комп'ютерна верстка Г. Паяльніков

Державна служба інтелектуальної власності України, вул. Урицького, 45, м. Київ, МСП, 03680, Україна

ДП "Український інститут промислової власності", вул. Глазунова, 1, м. Київ – 42, 01601