

*С.Б. БЕЗШАПОЧНИЙ¹, О.Г. АВРУНІН², В.В. ЛОБУРЕЦЬ¹,
А.В. ЛОБУРЕЦЬ¹, Ю.А. ГАСЮК¹*

ПРОГНОЗУВАННЯ ФУНКЦІОНАЛЬНИХ РЕЗУЛЬТАТІВ СЕПТОПЛАСТИКИ

*¹Каф. оториноларингології з офтальмологією (зав. – проф. С.Б. Безшапочний)
ВДНЗ України “Українська медична стоматологічна академія”
(ректор – проф. В.М. Ждан);*

*² Каф. біомедичної інженерії (зав. – проф. О.Г. Аврунін)
Харківського нац. ун-ту радіоелектроніки (ректор – проф. В.В. Семенець)*

Сьогодні досить складно уявити медичну галузь без ІТ технологій. Саме завдяки ним вона набуває нових рис та розвивається. Прогнозування в хірургії виникло ще за часів Гіппократа, воно традиційно базувалось на проведенні аналогій між двома подіями – до та після втручання, та не мало доказового підґрунтя. Сучасні методи прогнозування засновані на всебічному математичному аналізі даних, які не можливо провести без спеціального програмного забезпечення [5]. Конфігураційне прогнозування призначено для з'ясування віддалених функціональних результатів операцій. З цією метою створюють комп'ютерну модель органу, на якій можливо провести аналіз морфологічних і фізіологічних параметрів [1, 3].

З фізіологічної точки зору носова порожнина є своєрідним “коридором”, який поєднаний з навколоносовими пазухами – “кімнатами”. У випадку блокади співусть синуса, у ньому гарантовано виникне хронічне запалення. Тому відновлення функціонування ураженого синуса з мінімальною травматизацією слизової оболонки є концептуальною основою функціональної ендоскопічної хірургії навколоносових пазух (FESS). У самій носовій порожнині також існує патологія, що призводить до блокади співусть навколоносових синусів, іноді вона має опосередкований ефект. Частіш за все – це різні варіанти викривлення носової переділки [2]. Ось чому прогнозування від-

далених функціональних результатів септопластики є актуальною і перспективною проблемою сучасної оториноларингології.

Мета дослідження – визначити клінічну ефективність прогнозування функціональних результатів септопластики.

Об'єкт та методи дослідження

Прогнозування віддалених результатів септопластики проводилось на підставі даних ендоскопічної риноскопії, спіральної комп'ютерної томографії, формування просторової сегментованої лофтингової моделі повітряних шляхів носової порожнини, побудови аеродинамічної моделі на основі єдиної узагальненої воксельної томографії верхніх дихальних шляхів та риноманометричного дослідження, які були проведені 28 пацієнтам, що знаходились на стаціонарному лікуванні в ЛОР-відділенні ПОКЛ ім. Скліфосовського з приводу різних варіацій викривлення носової переділки. Віртуальна корекція форми носової переділки для зменшення локальних аеродинамічних опорів здійснювалась шляхом зміщення її базисних утворень на просторовій сегментованій лофтинговій моделі.

Основні аеродинамічні показники носового дихання визначались за формулою $K_Q = Q_2 / Q_1 \cdot 100 \%$, яка характеризує відсоткове співвідношення між існуючим параметром витрати повітря – Q_1 і прогнозованим – Q_2 , а також за формулою $KR = R1/R2 \cdot 100\%$,

яка характеризує відсоткове співвідношення між існуючим опором верхніх дихальних шляхів – R1 і прогнозованим – R2.

Застосовувалась єдина узагальнена воксельна томографічна модель верхніх дихальних шляхів, що визначає локальні аеродинамічні опори носової порожнини.

Результуюча витрата повітря в верхніх дихальних шляхах - Q обчислювалась за формулою:

$$Q = \sqrt{\frac{\Delta p}{\frac{\lambda \rho}{r} \sum_{i=1}^N \frac{\Delta l_i}{S_i^2} + \max \left(\frac{\xi_j \cdot \rho}{2S_j^2} \right)}}$$

де Δp – перепад тиску повітря в носовому ході,

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

Re – число Рейнольдса для режиму течії повітря в носовій порожнині;

$\rho=1,205$ кг/м³ – щільність повітря;

r – усереднений радіус перетину носового ходу;

Δl_i – довжина j -ї ділянки носового ходу;

S_i – площа перетину j -ї ділянки носового ходу;

N – кількість ділянок носового ходу;

S_j – площа перетину j -ї локальної ділянки носового ходу;

ξ_j – коефіцієнт локального аеродинамічного опору j -ї локальної ділянки носового ходу, з урахуванням не тільки втрат тиску за довжиною носової порожнини, а і врахо-

вуючи втрати тиску на локальних аеродинамічних опорах. Дослідження повітряного опору носового дихання, отримані на основі задньої активної риноманометрії, визначались за формулою:

$$A_{\zeta ADi} = \frac{\Delta p}{Q} [2].$$

Модель комп'ютерного прогнозування результатів септопластики проведена на розробленому на кафедрі біомедичної інженерії ХНУРЕ оригінальному програмному забезпеченні Rhinoplan.V1.a [4].

Статистична обробка отриманих даних проводилась пакетом програм Statistica. Отримані результати статистично оцінювались за t -критерієм Стьюдента. Показники наведено у вигляді $M \pm m$ (середнє значення \pm похибка середнього). Різниця вважалась вірогідною при значеннях $p < 0,05$.

Результати дослідження та їх обговорення

Результати задньої активної риноманометрії, проведені до та після септопластики, свідчать, що у пацієнтів до операції повітряний опір носового дихання складав $AZAPM=2,15 \pm 0,11$ ($M \pm m$; кПа·с/л), а після неї – $AZAPM=1,43 \pm 0,09$ ($M \pm m$; кПа·с/л). Показники риноманометрії до хірургічного втручання та через 4 тижні після нього мають статистично достовірні відмінності ($p < 0,00001$). В зв'язку із цим можна стверджувати, що корекція різних варіацій викривлення носової переділки достовірно змінює аеродинамічний носовий опір на більшій ділянці і в широкому діапазоні значень.



Рис. 1. а) вихідна аксіальна СКТ; б) вихідна фронтальна МПР пацієнта С.

Комп'ютерне прогнозування результатів септопластики наведемо на прикладі двох клінічних випадків.

Клінічний випадок 1. Пацієнт С., викривлення носової переділки вправо у вигляді контактного гребня. Аксиальна СКТ-томограма і мультипланарна реконструкція верхніх дихальних шляхів у фронтальній проекції до операції наведені на рис. 1а і 1б, відповідно.

На СКТ-сканах визначається гребінь носової переділки справа, що контактує

із нижньою носовою раковиною, *concha bullosa* справа та ознаки двобічного гіперпластичного полісинуситу, що, очевидно, є наслідком такої патології внутрішньоносових структур. При проведенні ендоскопічної риноскопії виявлено гребінь носової переділки справа (рис. 2). У плановому порядку пацієнту було проведено ендоскопічну крістотомію. Ендоскопічну риноскопичну картину пацієнта С. через 4 тижні після операції представлено на рис. 3.



Рис. 2. Пацієнт С., ендоскопічна риноскопична картина до операції (після анемізації слизової оболонки носової порожнини).

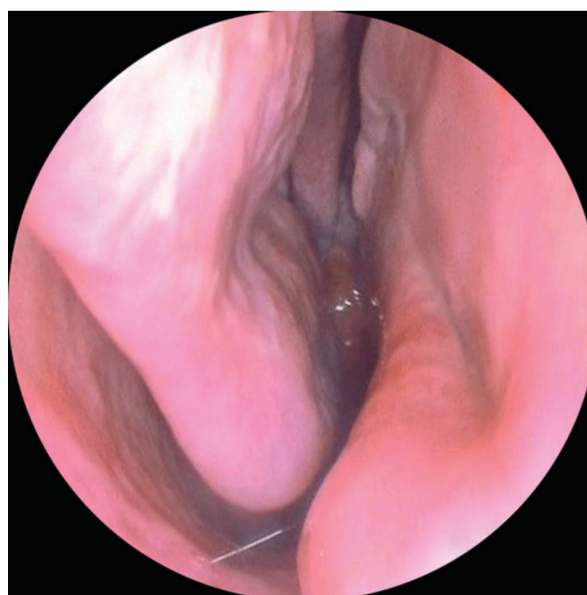


Рис. 3. Пацієнт С., ендоскопічна риноскопична картина через 4 тижні після операції.

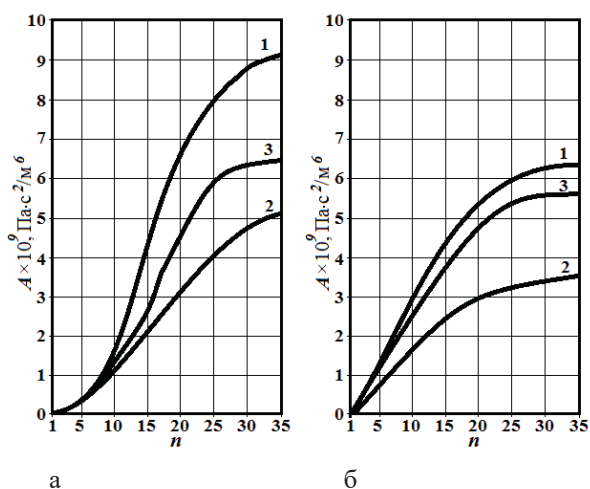


Рис. 4. Зміна аеродинамічного носового опору у правій (а) та лівій (б) носовій порожнині (1 – передопераційні дані, 2 – прогнозовані дані, 3 – дані фактичного результату операції через 4 тижні).

Проведене прогнозування віддалених результатів хірургічного лікування свідчило, що корекція ділянки гребня носової переділки дозволить знизити аеродинамічний опір у правій та лівій носовій порожнині у 1,7 разів. Фактично ж за результатами власноруч проведеного аналізу через 4 тижні після операції він знизився у правій носовій порожнині у 1,4 рази, а у лівій – у 1,2 рази (рис. 4а, 4б). Отже, можна стверджувати, що прогностична ефективність комп'ютерного планування у даному клінічному випадку склала близько 70%.

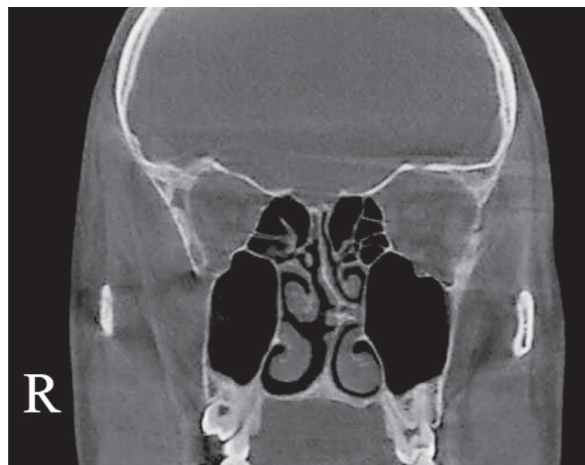
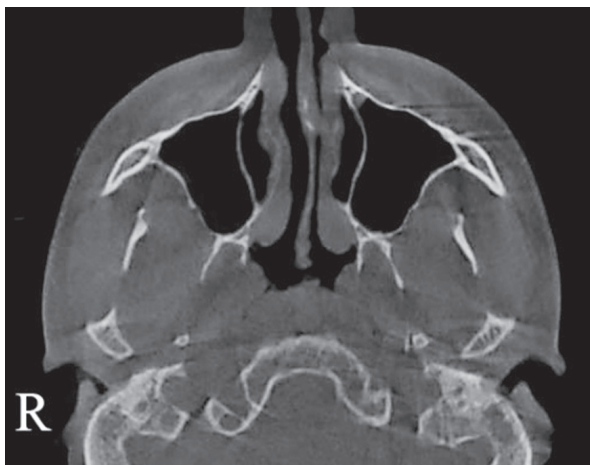


Рис. 5. Пацієнт М., а) вихідна аксіальна СКТ; б) вихідна фронтальна МПР.

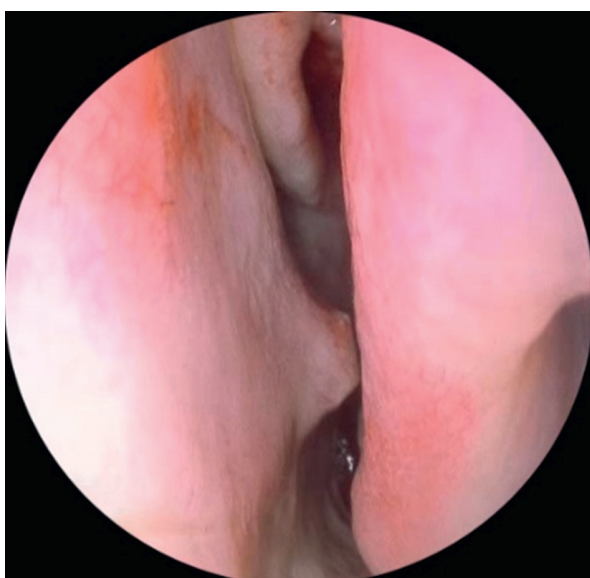


Рис. 6. Пацієнт М., ендоскопічна риноскопична картина до операції (після анемізації слизової оболонки носової порожнини).

Рис. 7. Пацієнт М., ендоскопічна риноскопична картина через 4 тижні після операції.

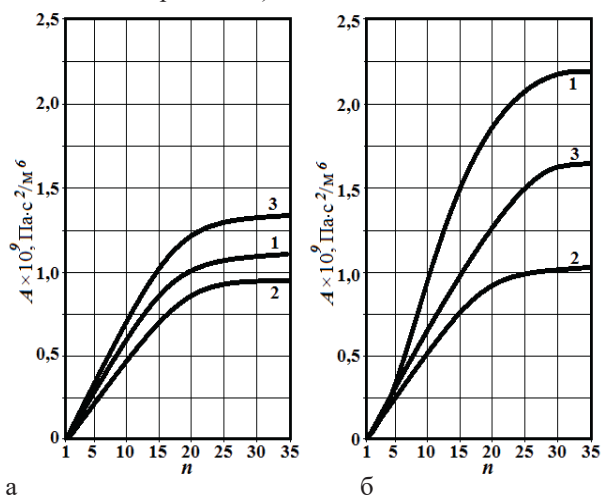


Рис. 8. Зміна аеродинамічного носового опору у правій (а) та лівій (б) носовій порожнині (1 – передопераційні дані, 2 – прогнозовані дані, 3 – дані фактичного результату операції через 4 тижні).

Проведене комп'ютерне прогнозування віддалених результатів хірургічного лікування свідчило, що корекція ділянки гребня носової переділки у даному клінічному випадку дозволить знизити аеродинамічний опір у правій носовій порожнині у 1,2 рази, а у лівій – до 2-х разів. Фактично ж, за даними задньої активної риноманометрії через 4 тижні після операції, аеродинамічний опір у правій носовій порожнині збільшився у 1,16 разів, що, очевидно, пов'язано з післяопераційним набряком, а у лівій – знизився у 1,53 рази (рис. 8а, 8б). Отже, прогностична ефективність комп'ютерного планування у даному клінічному склала близько 60%.

Отже, з'ясування функціонального ефекту від проведеного хірургічного втручання у

кількісному значенні є досить важливим у сучасній ринохірургії. Проведений аналіз дозволяє проводити моделювання об'єму хірургічного втручання: від мінімально-інвазивного – до різних радикальних варіантів септопластики. Таке моделювання дає можливість обґрунтувати оптимальний об'єм втручання для забезпечення аерації носової порожнини і достатньої вентиляції навколоносових пазух. Звичайно, що репаративні процеси у післяопераційному періоді певною мірою можуть внести свої корективи у формування запланованого відновлення архітекtonіки носової порожнини. Проте ці можливі негативні наслідки досить легко знівелювати раціональною ранньою та/або пізньою післяопераційною реабілітацією пацієнтів.

Література

1. Аврунин О.Г. Принципы компьютерного планирования функциональных оперативных вмешательств. Техническая электродинамика. Темат. вып. "Силовая электроника та енергоефективність". 2011; Ч. 2:293-8.
2. Безшапочный СБ, редактор. Клинико-морфологические аспекты риносинуситов. Киев: Вістка; 2013. 150 с.
3. Книгавко Ю.В. Компьютерное планирование пластических вмешательств методом деформации полигональной модели лица человека. Восточно-Европейский журнал передовых технологий. 2013; 1(2/61): 11-6.

References

1. Avrunin OG. [Principles of computer planning of functional surgical interventions]. Technical electrodynamics. Thematic issue "Power Electronics and Energy Efficiency". 2011; part 2: 293-8. [Article in Russian].
2. Bezshapochny SB, Editor. [Clinical and morphological aspects of rhinosinusitis]. Kiev: Vistka; 2013. 150 p. [In Russian].
3. Knigavko YV. [Computer planning of plastic interventions by deformation of a polygonal model of a human face]. Eastern European Journal of Enterprise Technologies. 2013; 1(2/61): 1-16. [Article in Russian].

Висновки

1. Корекція різних варіацій викривлення носової переділки у більш ніж 80% випадків достовірно знижує аеродинамічний носовий опір.

2. Застосування прогнозування при септопластиці дозволяє провести кількісну оцінку покращення функціональних результатів після операції, які не завжди збігаються із реальними.

3. Впровадження більш високоточних методів діагностики у подальшому дозволить підвищити прогностичну ефективність комп'ютерного прогнозування не тільки при септопластиці, але і при інших ринологічних операціях.

4. Аврунін О.Г., Носова Я.В., Фарук Х., Журавльов А.С., Шушляпіна Н.О., Калашник Ю.М., Безшапочний С.Б., Лобурець А.В., винахідники; Харківський національний університет радіоелектроніки, Харківський національний медичний університет, патентовласники. Спосіб планування функціональних ринохірургічних втручань. Патент України №118125. 2018 Лист. 22.
5. Тарасова С.А. Прогнозирование в клинической медицине. Материалы XXX междунар. научно-практ. конф. Инновации в науке. Новосибирск: СибАК, 2014.

4. Avrunin OG, Nosova YV, Faruk X, Zhuravlev AS, Shushlyapina NO, Kalashnik YM, Besshapochny VB, Loburets AV, inventors; Kharkiv National University of Radio Electronics, Kharkiv National Medical University, patent holders. Method for planning functional rhinosurgical interventions. Patent of Ukraine No. 118125. 2018 Nov 22. [In Ukrainian].
5. Tarasova SA. [Prediction in clinical medicine]. Materials of the XXX International Scientific and Practical Conference Innovations in Science. Novosibirsk: SibAK, 2014. [Article in Russian].

Надійшла до редакції 31.08.2020

© С.Б. Безшапочний, О.Г. Аврунін, В.В. Лобурець, А.В. Лобурець, Ю.А. Гасюк, 2020

ПРОГНОЗУВАННЯ ФУНКЦІОНАЛЬНИХ РЕЗУЛЬТАТІВ СЕПТОПЛАСТИКИ

¹Безшапочний СБ, ²Аврунін ОГ, ¹Лобурець ВВ, ¹Лобурець АВ, ¹Гасюк ЮА
¹ВДНЗ України “Українська медична стоматологічна академія”; e-mail: umsalor@i.ua
²Харківський нац. ун-т радіоелектроніки

А н о т а ц і я

Мета дослідження: визначити ефективність прогнозування функціональних результатів септопластики.

Матеріали і методи: прогнозування проводилося на підставі даних ендориноскопії, спіральної комп'ютерної томографії, формуванні просторової сегментованої лофтингової моделі повітряних шляхів носової порожнини, побудові аеродинамічної моделі на основі єдиної узагальненої воксельної томографії верхніх дихальних шляхів і риноманометричного дослідження, які були проведені 28 пацієнтам.

Результати: в результаті проведених оригінальних досліджень встановлено, що корекція різних варіантів викривлення носової перегородки в більш ніж 80% випадків достовірно знижує аеродинамічний носової опір. Прогнозування при септопластиці дозволяє провести кількісну оцінку функціональних результатів, які не завжди збігаються з реальними. Впровадження більш високоточних, інноваційних методів діагностики в подальшому дозволить підвищити ефективність прогнозування в ринохірургії.

Ключові слова: септопластика, аеродинаміка, прогнозування.

FORECASTING OF FUNCTIONAL RESULTS OF SEPTOPLASTY

¹Bezshapochniy SB, ²Avrunin OG, ¹Loburets VV, ¹Loburets AV, ¹Gasyuk YA
¹Ukrainian Medical Stomatological Academy, Department of Otorhinolaryngology with Ophthalmology;
Poltava, Ukraine; e-mail: umsalor@i.ua
²Kharkiv National University of Radio Electronics, Biomedical Engineering Department

A b s t r a c t

Objective: to define the effectiveness of forecasting of the functional result of septoplasty.

Materials and methods: forecasting based on endorhinoscopy data, spiral computed tomography, formation of a spatial segmented lofting model of nasal cavity, construction of an aerodynamic model based on a unified generalized voxel tomography of the upper respiratory tract and rhinomanometry, which were conducted in 28 patients.

Results: it was found that the correction of various variants of the deviation of nasal septum in more than 80% of cases significantly reduces the aerodynamic nasal resistance. Forecasting at septoplasty allows to quantify functional results, which do not always coincide with the real ones. The introduction of more highly accurate innovative diagnostic methods in the future will improve the efficiency of forecasting in rhinosurgery

Keywords: septoplasty, aerodynamics, forecasting.