

# ОРТОДОНТІЯ

УДК 616.716.8-007.53+616.716.8-007.61]:616.211-008.4

*Богданов В.Л.<sup>1</sup>, Вишемирська Т.А.<sup>2</sup>, Григоренко О.Я.<sup>1</sup>, Фліс П.С.<sup>2</sup>, Тормахов М.М.<sup>1</sup>*

## ВЗАЄМОЗВ'ЯЗОК МІЖ ПАРАМЕТРАМИ ЗУБОЩЕЛЕПНОГО АПАРАТУ Й ОРГАНІВ ДИХАННЯ ПРИ ОРТОДОНТИЧНОМУ ЛІКУВАННІ

<sup>1</sup>Інститут механіки НАН України ім. С.П.Тимошенка, Київ, Україна

<sup>2</sup>Національний медичний університет ім. О.О.Богомольця, Київ, Україна

### Вступ

Зубощелепний апарат і респіраторні органи черепа тісно пов'язані між собою. Такі вади респіраторних шляхів як гіпертрофія аденоїдів і мигдаликів, риніти й інш. часто призводять до ротового дихання й аномалій розвитку зубощелепного апарату [1-4]. Для усунення зубощелепних аномалій необхідно виконувати ортодонтичне лікування, яке найбільш доцільне у віці 6-9 років, коли відбувається активний розвиток дитячого організму. Але успішне ортодонтичне лікування не гарантує відсутності рецидивів зубощелепних захворювань, якщо дихальні шляхи черепа не забезпечують вільний прохід повітря [3; 4]. Вищенаведене спонукає до вдосконалення методів комплексного обстеження й діагностики, які за мінімуму втручання давали б максимум потрібної для лікування інформації [5 - 7].

Відомо багато методів визначення трансверзальних параметрів лицьового черепа. Їхні розміри визначають за діагностичними моделями чи за допомогою фронтальної телерентгенографії. Ці методи не завжди відображають справжні параметри лицьового черепа, бо зуби можуть бути відсутніми чи мати різний вестибулооральний нахил, а телерентгенографія містить похибки через суперімпозицію анатомічних структур і ротацію голови під час дослідження [6].

Нами був запропонований метод вимірювання трансверзальних розмірів верхньої щелепи й верхніх дихальних шляхів за допомогою комп'ютерної томографії. Але результати цих вимірювань потребують відповідного математичного моделювання, яке все ширше застосовується в медицині [8 - 11].

**Мета** дослідження – вдосконалити діагностику респіраторних органів і зубощелепного апарату за рахунок вивчення взаємозв'язку між параметрами зубощелепного апарату й

органів дихання під час ортодонтичного лікування.

### Методика дослідження

У клініці стоматологічного медичного центру Національного медичного університету ім. О.О. Богомольця ми проводили ортодонтичне лікування дітей із першою формою гнатичного мезіального прикусу за Бетельманом. Мезіальний прикус лікували за допомогою розробленого нами незнімного апарату для трансверзального розширення верхньої щелепи [12]. Лікувальний ефект полягав у розширенні верхньої щелепи в трансверзальному напрямку за рахунок розриву піднебінного шва, переміщенні верхньої щелепи вперед, створенні місця для латеральних різців, корегуванні розмірів і зменшенні зворотного різцевого перекриття. З пацієнтів, яких лікували, нами було відібрано групу з 37 дітей: 17 хлопців і 20 дівчат. Дітей до групи обирали за наявності таких ознак:

1. Вік від 7 до 12 років (медіанний вік – 9 років);
2. Наявність перших молярів;
3. Клінічно встановлений 3-й або 2-й клас по молярах;
4. Скупченість більше 3 міліметрів;
5. Наявність проблем із носовим диханням.

Діагностику лицьового скелета до й після лікування виконували за допомогою комп'ютерної томографії. Подальшу обробку результатів обстеження проводили методами математичної статистики.

### Результати дослідження

**Параметри трансверзальних розмірів лицьового скелета.** Під час обстеження вимірювали шість трансверзальних розмірів лицьового скелета: три розміри верхньої щелепи і три розміри верхніх дихальних шляхів. Опис параметрів

обстеження подано в табл. 1.

Таблиця 1  
Параметри трансверзальних розмірів верхньої щелепи й дихальних шляхів

Зміна параметра	Опис параметра
$X^{(1)}$	Відстань між медіально-піднебінними горбаами перших постійних молярів (Palatal caps)
$X^{(2)}$	Відстань між кістками альвеолярної дуги на рівні центру резистентності першого постійного моляра (Center resistans upper 6)
$X^{(3)}$	Відстань між кортикальними пластинками базальної дуги на рівні ЦР перших постійних молярів (Aprex upper 6)
$X^{(4)}$	Найбільша відстань між латеральними точками носових стінок на рівні великих піднебінних каналів (canalis palatine major)
$X^{(5)}$	Найбільша відстань між латеральними точками носових стінок на рівні великих піднебінних каналів (Width of nose on canines)
$X^{(6)}$	Відстань між зачатками іклів на рівні грушоподібного отвору

Результати вимірювання зміни трансверзальних розмірів щелеп і дихальних шляхів  $X^{(i)}$  ( $i=1...6$ ) за час до й після ортодонтичного лікування було піддано статистичній обробці для

визначення максимального й мінімального значень, середньої величини, довірчого інтервалу й критерію Шапіро-Вілка  $W$  (див. табл. 2).

Таблиця 2  
Статистичні дані вибірки параметрів  $X^{(i)}$ .

	Параметри зміни трансверзальних розмірів лицьового черепа, мм					
	$X^{(1)}$	$X^{(2)}$	$X^{(3)}$	$X^{(4)}$	$X^{(5)}$	$X^{(5)}$
Мінімум	-0,57	-0,96	0,00	-1,20	0,09	-0,30
Максимум	5,00	4,01	3,99	3,11	3,60	3,80
Середнє значення	2,30	1,96	1,87	1,42	1,48	2,02
Довірчий інтервал	0,54	0,44	0,34	0,36	0,30	0,35
Критерій $W$	0,930	0,949	0,954	0,956	0,948	0,956

Середнє  $\bar{x}^{(i)}$  даних вибірки  $i$ -го параметра визначали за формулою [13]:

$$\bar{x}^{(i)} = \frac{1}{n} \sum_{k=1}^n x_k^{(i)}, \quad (1)$$

де  $n = 37$  – кількість пацієнтів,  $x_k^{(i)}$  – величина  $i$ -го параметра для  $k$ -го пацієнта.

Довірчий інтервал  $\varepsilon^{(i)}$  визначали таким чином [13]:

$$\varepsilon^{(i)} = \hat{t} s^{(i)}, \quad (2)$$

де  $\hat{t}$  – коефіцієнт Стьюдента, який [13] для кількості пацієнтів  $n = 37$  і рівня довіри  $\alpha = 0,05$  дорівнює 2,03,  $s^{(i)}$  – середньоквадратичне відхилення:

$$s^{(i)} = \sqrt{\frac{\sum_{k=1}^n (x_k^{(i)} - \bar{x}^{(i)})^2}{n(n-1)}}. \quad (3)$$

Для проведення статистичного аналізу взаємозв'язків між параметрами  $X^{(i)}$  необхідна перевірка даних вибірки на нормальність розподілу, яку проводили за критерієм Шапіро-Вілка  $W$  [14]. Розподіл результатів вимірювання параметрів  $X^{(i)}$  можна вважати близьким до нормального,

якщо виконується умова [14]:

$$W > W_{\alpha, n}, \quad (4)$$

де  $W_{\alpha, n} = 0,914$  – квантіль статистики Шапіро-Вілка  $W$  для рівня значимості  $\alpha = 0,01$  [14].

Критерій Шапіро-Вілка  $W$  визначали за формулою:

$$W = \left( \sum_{k=1}^{n-1} a_k (x_{n-k+1}^{(i)} - x_k^{(i)}) \right)^2 / nm_2, \quad (5)$$

де  $nm_2 = \sum_{j=1}^n (x_j^{(i)} - \bar{x}^{(i)})^2$  – добуток розміру вибірки  $n$  на центральний момент другого порядку. З табл. 2 можна бачити, що критерій  $W$  відповідає нерівності (4) і розподіл вимірювань параметрів  $X^{(i)}$  можна вважати близьким до нормального.

#### Побудова регресійних залежностей

Характеристикою взаємозв'язків між параметрами лицьового скелета є коефіцієнт кореляції  $r_{ij}$ , який приймає значення від -1 до +1 і показує, наскільки ці параметри тісно пов'язані між собою. Зв'язок вважають сильним, якщо  $r_{ij} \geq$

0,7; середньої тісноти, коли  $0,5 \leq r_{ij} \leq 0,7$ , і сла-

бким при  $r_{ij} < 0,5$ . Коефіцієнт кореляції  $r_{ij}$  визначали за формулою [13]:

$$r_{ij} = \frac{\sum_{k=1}^n (x_k^{(i)} - \bar{x}^{(i)})(x_k^{(j)} - \bar{x}^{(j)})}{\sqrt{\sum_{k=1}^n (x_k^{(i)} - \bar{x}^{(i)})^2 \sum_{k=1}^n (x_k^{(j)} - \bar{x}^{(j)})^2}} \quad (6)$$

У табл. 3 вище головної діагоналі подано розраховані за формулою (6) величини парних

коефіцієнтів кореляції  $r_{ij}$  між параметрами  $X^{(i)}$ . Для того, щоб оцінити, наскільки адекватними є коефіцієнти  $r_{ij}$  для них було розраховано критерій Стюдента  $\hat{t}$  [13]:

$$\hat{t} = \frac{r_{ij} \sqrt{n-2}}{\sqrt{1-r_{ij}^2}} \quad (7)$$

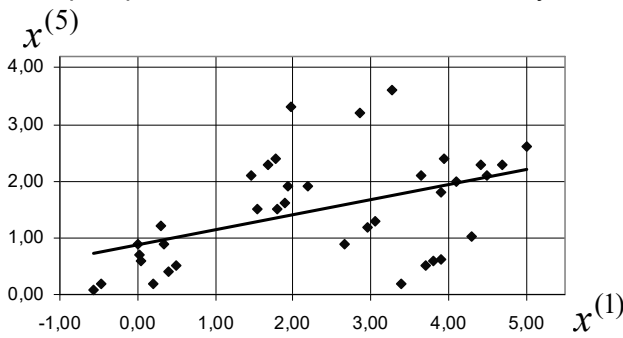
Таблиця 3

	$X^{(1)}$	$X^{(2)}$	$X^{(3)}$	$X^{(4)}$	$X^{(5)}$	$X^{(6)}$
$X^{(1)}$	1	0,270	0,380	0,147	0,467	0,437
$X^{(2)}$	1,71	1	0,823	0,629	0,084	0,392
$X^{(3)}$	2,63	15,06	1	0,702	0,088	0,691
$X^{(4)}$	0,89	6,16	8,19	1	0,382	0,552
$X^{(5)}$	3,54	0,50	0,53	2,65	1	0,063
$X^{(6)}$	3,20	2,74	7,82	4,70	0,38	1

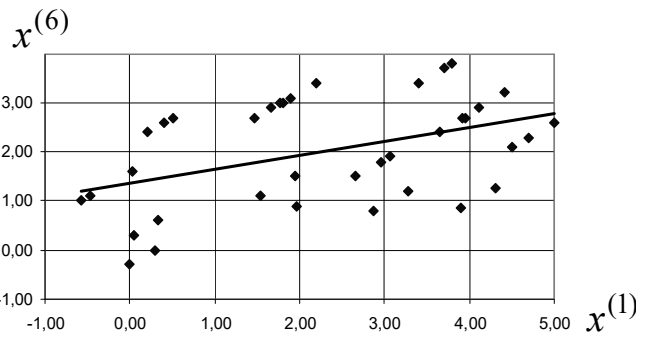
У табл. 3 нижче головної діагоналі подано розраховані за формулою (7) величини значення

критерію Стюдента. Коефіцієнт кореляції  $r_{ij}$  є адекватним, якщо критерій Стюдента  $\hat{t}$  для нього більший за критичне значення  $\hat{t}_{n-1,\alpha} = 2,72$  при  $n = 37$  і рівні довіри  $\alpha = 0,01$ . Затемненням у табл. 3 виділено сім клітинок, у яких критерій Стюдента  $\hat{t}$  не відповідає умові

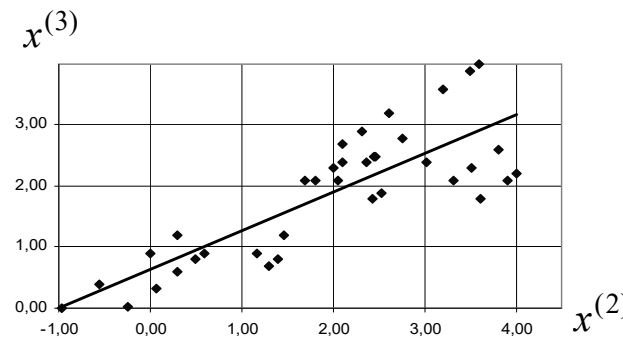
$\hat{t} > \hat{t}_{n-1,\alpha}$ , тобто для тих випадків, коли взаємозв'язок між параметрами не є адекватним. Між параметрами  $X^{(i)}$  і  $X^{(j)}$  можна побудувати п'ятнадцять рівнянь. Для тих семи взаємозв'язків між параметрами, для яких коефіцієнт кореляції не є адекватним, рівняння взаємозв'язку між параметрами  $X^{(i)}$  не складали.



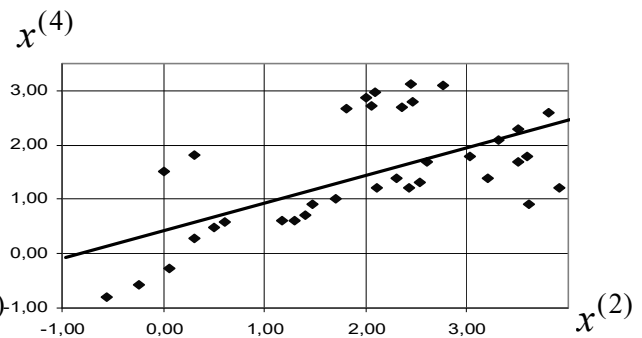
а



б



в



г

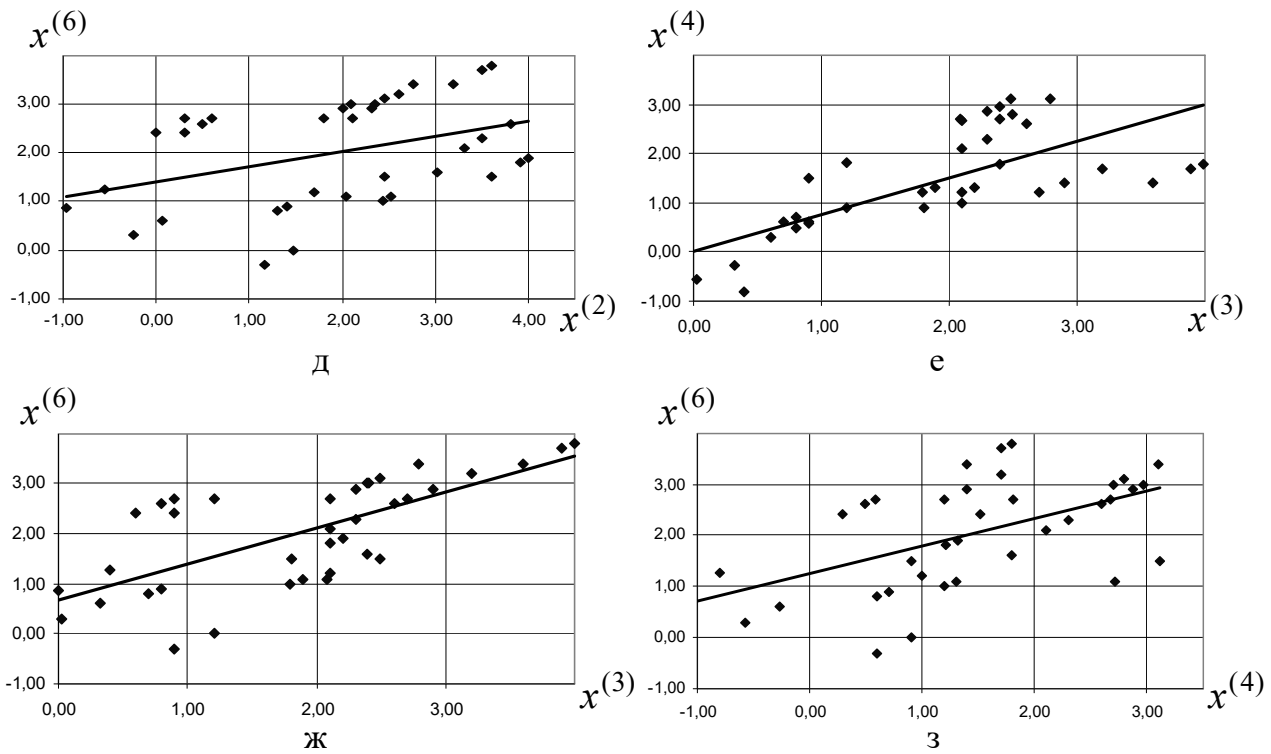


Рис. 1

Припустимо наявність лінійного зв'язку між параметрами  $X^{(i)}$  та  $X^{(j)}$ :

$$x^{(j)} = A^{(ij)} x^{(i)} + B^{(ij)}, \quad (8)$$

де  $A^{(ij)}$  і  $B^{(ij)}$  – постійні коефіцієнти, розраховані методом найменших квадратів [13] за даними вимірювань:

$$A^{(ij)} = \frac{n \sum_{k=1}^n x_k^{(i)} x_k^{(j)} - \sum_{k=1}^n x_k^{(i)} \sum_{k=1}^n x_k^{(j)}}{n \sum_{k=1}^n (x_k^{(i)})^2 - (\sum_{k=1}^n x_k^{(i)})^2},$$

$$B^{(ij)} = \frac{\sum_{k=1}^n (x_k^{(i)})^2 \sum_{k=1}^n x_k^{(j)} - \sum_{k=1}^n x_k^{(i)} x_k^{(j)} \sum_{k=1}^n x_k^{(i)}}{n \sum_{k=1}^n (x_k^{(i)})^2 - (\sum_{k=1}^n x_k^{(i)})^2} \quad (9)$$

Залежності  $x^{(5)}(x^{(1)})$ ,  $x^{(6)}(x^{(1)})$ ,  $x^{(3)}(x^{(2)})$ ,  $x^{(4)}(x^{(2)})$ ,  $x^{(6)}(x^{(2)})$ ,  $x^{(4)}(x^{(3)})$ ,  $x^{(6)}(x^{(3)})$ ,  $x^{(6)}(x^{(4)})$  зображено на рис. 1, точками позначено дані експериментів, а лініями – рівняння

(8). Коефіцієнти  $A^{(ij)}$  і  $B^{(ij)}$  подано в табл. 4. Індeksi  $i$  та  $j$  з першого й другого рядків табл. 4 позначають номери, відповідно, незалежної й залежної змінних із рівняння (8).

Гіпотезу про адекватність моделі (8) було перевірено за критерієм Фішера  $\hat{F}^{(ij)}$ :

$$\hat{F}^{(ij)} = \frac{(n-2) \sum_{k=1}^n (x_k^{(j)} - \bar{x}_k^{(j)})^2}{(n-1) \sum_{k=1}^n (x_k^{(j)} - \tilde{x}_k^{(j)})^2} \quad (10)$$

де  $\tilde{x}_k^{(j)}$  – значення параметра  $X^{(j)}$  згідно з моделлю (8). Розраховані за (10) величини  $\hat{F}^{(ij)}$  дано в табл. 4. Критичне значення критерію Фішера  $\hat{F}_{n=37, \alpha=0.01}$  для об'єму вибірки  $n = 37$  і рівня довіри  $\alpha = 0,01$  дорівнює 7,42. Оскільки в табл. 4 всі величини  $\hat{F}^{(ij)} > \hat{F}_{n=37, \alpha=0.01}$ , то моделі (8) у цілому є статистично значимими.

Таблиця 4

$i$	1	1	2	2	2	3	3	4
$j$	5	6	3	4	6	4	6	6
$A^{(ij)}$	0,264	0,283	0,630	0,512	0,310	0,747	0,715	0,537
$\hat{t}_A$	3,127	2,876	8,562	4,790	2,518	5,835	5,654	12,799
$B^{(ij)}$	0,877	1,368	0,639	0,415	1,412	0,020	0,680	1,257
$\hat{t}_B$	3,673	4,913	3,654	1,633	4,819	0,074	2,516	29,214
$\hat{F}^{(ij)}$	9,779	8,274	73,303	22,948	6,338	34,044	31,971	15,333

Перевірку адекватності коефіцієнтів  $A^{(ij)}$ ,  $B^{(ij)}$  у моделі (8) визначали за критеріями Стюдента  $\hat{t}_A$  і  $\hat{t}_B$ , які визначали таким чином:

$$\hat{t}_A = \frac{A^{(ij)} \sqrt{n(n-2) \sum_{k=1}^n (x_k^{(i)} - \bar{x})^2}}{\sqrt{\sum_{k=1}^n (x_k^{(j)} - \tilde{x}_k^{(j)})^2 \sum_{k=1}^n (x_k^{(i)})^2}},$$

$$\hat{t}_B = \frac{B^{(ij)} \sqrt{(n-2) \sum_{k=1}^n (x_k^{(i)} - \bar{x})^2}}{\sqrt{\sum_{k=1}^n (x_k^{(j)} - \tilde{x}_k^{(j)})^2}}. \quad (11)$$

Величини постійних коефіцієнтів  $A^{(ij)}$  і  $B^{(ij)}$ , критерії Стюдента  $\hat{t}_A$  і  $\hat{t}_B$  для них дано в табл. 4. Критичне значення критерію Стюдента для постійних коефіцієнтів для  $n = 37$  і рівня довіри  $\alpha = 0,01$  дорівнює 2,72. Постійний коефіцієнт  $A^{(26)}$  в залежності  $x^{(6)}(x^{(2)})$  є статистично значимим при значенні довіри  $\alpha = 0,05$ , він відповідає нерівності  $\hat{t}_A > \hat{t}_{n=37, \alpha=0.05} = 2,03$ . Постійний коефіцієнт  $B^{(34)}$  в залежності  $x^{(4)}(x^{(3)})$  не статистично значимим, і його треба відкинути. Залежність  $x^{(4)}(x^{(3)})$  при цьому буде мати вигляд:

$$x^{(4)} = A^{(34)} x^{(3)} \quad (12).$$

Критерії Фішера і Стюдента для моделі (12) дорівнюють 154,3 і 12,4, що свідчить про більшу статистично значимість рівняння (12) порівняно з (8) для залежності  $x^{(4)}(x^{(3)})$ .

### Висновки

Вади респіраторних шляхів сприяють виникненню аномалій розвитку зубощелепного апарату. Оскільки зубощелепний апарат і респіраторні органи черепа функціонально тісно пов'язані між собою, то ортодонтичне лікування зубощелепних деформацій викликає відповідні зміни дихальних шляхів черепа. Нинішній стан методів діагностики параметрів лицьового скелета потребує вдосконалення, яке може бути реалізоване на основі знання закономірностей зміни параметрів лицьового скелета.

З пацієнтів, у яких лікували мезіальний прикус у клініці стоматологічного медичного центру Національного медичного університету ім. О.О. Богомольця за допомогою розробленого нами незнімного апарату, було сформовано групу з 37 дітей: 17 хлопців і 20 дівчат. Діти були віком від 7 до 12 років, мали перші моляри, клінічно встановлені вади 3-го або 2-го класу по молярах, скупченість більше 3 міліметрів і проблеми з носовим диханням. До й після лікування за допо-

могою комп'ютерної томографії було проведено вимірювання трьох відстаней верхньої щелепи: між медіально-піднебінними горбами перших постійних молярів, між кістками альвеолярної дуги на рівні центру резистентності першого постійного моляра й між кортикальними пластинками базальної дуги на рівні центру резистентності перших постійних молярів. Крім того, було виміряно три відстані верхніх дихальних шляхів: між латеральними точками носових стінок на рівні великих піднебінних каналів, між латеральними точками носових стінок на рівні великих піднебінних каналів і між зачатками іклів на рівні грушоподібного отвору.

Результати зміни цих параметрів лицьового скелета було піддано статистичній обробці для визначення максимального й мінімального значень, середньої величини, довірчого інтервалу. Перевірка гіпотези нормального розподілу даних вибірок за критерієм Шапіро-Вілка показала, що розподіл частот даних вимірювань у вибірках близький до нормального.

Тіснота взаємозв'язку між параметрами лицьового скелета була оцінена за коефіцієнтом кореляції, а адекватність цих коефіцієнтів – за критерієм Стюдента. У результаті була встановлена відсутність статистично значимої залежності зміни відстані між медіально-піднебінними горбами перших постійних молярів від змін відстаней між кістками альвеолярної дуги на рівні центру резистентності першого постійного моляра, між кортикальними пластинками базальної дуги на рівні центру резистентності перших постійних молярів та між латеральними точками носових стінок на рівні великих піднебінних каналів. Показано, що зміна відстані між латеральними точками носових стінок на рівні великих піднебінних каналів статистично слабо пов'язана зі зміною відстані між медіально-піднебінними горбами перших постійних молярів і взагалі не пов'язана з іншими параметрами, які розглядали.

Між параметрами зміни трансверсальних розмірів лицьового скелета було побудовано лінійні рівняння регресії. Перевірка цих моделей за параметром Фішера показала їхню адекватність у цілому. Додаткова перевірка адекватності постійних коефіцієнтів, що входять у ці моделі, за критерієм Стюдента показала, що вільний член у моделі зміни відстані верхніх дихальних шляхів між латеральними точками носових стінок на рівні великих піднебінних каналів від зміни відстані між кортикальними пластинками базальної дуги на рівні центру резистентності перших постійних молярів не є статистично значимим. Відкидання вільного члена в цій регресійній залежності призвело до збільшення критеріїв Фішера і Стюдента, що свідчить про зростання адекватності цього рівняння. Отримані рівняння регресії дозволяють передбачити зміну одних трансверсальних розмірів лицьового скелета залежно від зміни інших у процесі лікування мезіального прикусу й можуть сприяти таким чином покращенню діагностики пацієнтів.

## Список літератури

1. Savian CM, Bolsson GB, Botton G, Antoniazzi RP, de Oliveira RR, Zanatta FB, et al. Do breastfed children have a lower chance of developing mouth breathing? A systematic review and meta-analysis. *Clin Oral Investig.* 2021; 25(4):1641-14. doi: 10.1007/s00784-021-03791-1. Epub 2021 Jan 27. PMID: 33506425.
2. Araújo BCL, Lima TRCM, de Gois-Santos VT, Nascimento GKBO, Martins-Filho PR, Simões SM. Association between nasal patency and orofacial myofunctional changes in patients with asthma and rhinitis. *Eur Arch Otorhinolaryngol.* 2021; (2). doi: 10.1007/s00405-020-06518-2. PMID: 33389007.
3. Farronato M, Lanteri V, Fama A, Maspero C. Correlation between Malocclusion and Allergic Rhinitis in Pediatric Patients: A Systematic Review. *Children (Basel).* 2020; 27(7):12-260. doi: 10.3390/children7120260.
4. Flutter J. The negative effect of mouth breathing on the body and development of the child. *Int J Orthod Milwaukee.* 2006; 17(2): 31-7.
5. Hesby RM, Marshall SD, Dawson DV, Southard KA, Casco JS, Franciscus RG, et al. Transverse skeletal and dentoalveolar changes during growth. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 2006; 130:721-31.
6. Van Vlijmen OJ, Maal TJ, Berge SJ, Bronkhorst EM, Katsaros C, Kuijpers-Jagtman AM. A comparison between two-dimensional and three-dimensional cephalometry on frontal radiographs and on cone beam computed tomography scans of human skulls. *Eur J Oral Sci.* 2009; 117: 300-5.
7. Talmant J, Rouvre M, Thibault JL, Turpin P. Relation between respiration and craniofacial morphogenesis. Therapeutic conclusions concerning orthodontics. *Orthod Fr.* 1982; 53(1): 1-266.
8. Григоренко ЯМ, Григоренко ОЯ, Шпак ДЮ, Фліс ПС, Тормахов НН. Методика лечения гнатической формы мезиального прикуса. *Доп. Нац. акад. н. України.* 2014; 6: 160-7. DOI 10.15407/dopovidi.
9. Grigorenko AYа, Los'VV, Malanchuk VA, Tormakhov NN. Stress state of a threaded joint in a dental implant–bone system. *Int. Appl. Mech.* 2020; 56(1), Jan.: 33-7. – <https://doi.org/10.1007/s10778-020-00994-z>.
10. Богданов ВЛ, Григоренко АЯ, Сороченко ГВ, Тормахов НН. Влияние формы и геометрических параметров клammerов на прочность и удерживающее усилие съемных ортопедических протезов. *Мат. методи та фіз.-мех. поля.* 2020; 63(1): 173-8.
11. Grigorenko AYа, Pliska EN, Sorochenko GV, Tormakhov NN. Application of methods of numerical analysis for studying mechanical processes in biomechanics. *Int. Appl. Mech.* 2018; 54(3), May: 366–7. – <https://doi.org/10.1007/BF02700729>.
12. Фліс ПС, Вишемирська ТА, Чихаровська-Корнило ІІ. Апарат для лікування мезіального прикусу. Пат. України на кор. мод. № UA 141930, МПК А61С 7/00, надрук. 27.04.2020, Бюлл. № 8.
13. Львовский ЕН. Статистические методы построения эмпирических формул. М.: Высш. шк.; 1988.
14. ГОСТ Р ИСО 5479-2002 Статистические методы. Проверка отклонения распределения вероятностей от нормального распределения. М.: Стандарт, 2002.

## References

1. Savian CM, Bolsson GB, Botton G, Antoniazzi RP, de Oliveira RR, Zanatta FB, et al. Do breastfed children have a lower chance of developing mouth breathing? A systematic review and meta-analysis. *Clin Oral Investig.* 2021; 25(4):1641-14. doi: 10.1007/s00784-021-03791-1. Epub 2021 Jan 27. PMID: 33506425
2. Araújo BCL, Lima TRCM, de Gois-Santos VT, Nascimento GKBO, Martins-Filho PR, Simões SM. Association between nasal patency and orofacial myofunctional changes in patients with asthma and rhinitis. *Eur Arch Otorhinolaryngol.* 2021; (2). doi: 10.1007/s00405-020-06518-2. PMID: 33389007.
3. Farronato M, Lanteri V, Fama A, Maspero C. Correlation between Malocclusion and Allergic Rhinitis in Pediatric Patients: A Systematic Review. *Children (Basel).* 2020; 27(7):12-260. doi: 10.3390/children7120260.
4. Flutter J. The negative effect of mouth breathing on the body and development of the child. *Int J Orthod Milwaukee.* 2006; 17(2): 31-7.
5. Hesby RM, Marshall SD, Dawson DV, Southard KA, Casco JS, Franciscus RG, et al. Transverse skeletal and dentoalveolar changes during growth. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 2006; 130:721-31.
6. Van Vlijmen OJ, Maal TJ, Berge SJ, Bronkhorst EM, Katsaros C, Kuijpers-Jagtman AM. A comparison between two-dimensional and three-dimensional cephalometry on frontal radiographs and on cone beam computed tomography scans of human skulls. *Eur J Oral Sci.* 2009; 117: 300-5.
7. Talmant J, Rouvre M, Thibault JL, Turpin P. Relation between respiration and craniofacial morphogenesis. Therapeutic conclusions concerning orthodontics. *Orthod Fr.* 1982; 53(1): 1-266.
8. Grigorenko YaM, Grigorenko OYa, Shpak DYu, Flis PS, Tormahov NN. Metodika lecheniya gnaticeskoy formy mezialnogo priksa. *Dop. Nats. Akad. n. Ukrainy.* 2014; 6: 160-7. doi 10.15407/dopovidi (Russian).
9. Grigorenko AYа, Los'VV, Malanchuk VA, Tormakhov NN. Stress state of a threaded joint in a dental implant–bone system. *Int. Appl. Mech.* 2020; 56(1), Jan.: 33-39. – <https://doi.org/10.1007/s10778-020-00994-z>.
10. Bogdanov VL, Grigorenko AYа, Sorochenko GV, Tormahov NN. Vliyanie formy i geometricheskikh parametrov klammerov na prochnost i uderzhivayushee usilie s'emnyih ortopedicheskikh protezov // *Mat. metodi ta fiz.-meh. polya.* 2020; 63(1): 173-8. (Russian).
11. Grigorenko AYа, Pliska EN, Sorochenko GV, Tormakhov NN. Application of methods of numerical analysis for studying mechanical processes in biomechanics. *Int. Appl. Mech.* 2018; 54(3), May: 366–7. – <https://doi.org/10.1007/BF02700729>.
12. Flis PS, Vyshemyrska TA, Chykharovska-Kornylo II. Aparat dlia likuvannia mezialnoho pryksusu. Patent Ukrainy na korysnu model № UA 141930, MPK A61S 7/00, nadruk. 27.04.2020, Biull. № 8. (Ukrainian).
13. Lvovskiy E.N. Statisticheskie metodyi postroeniya empiricheskikh formul. M.: Vyssh. Shkola, 1988. (Russian).
14. GOST R ISO 5479-2002 Statisticheskie metodyi. Proverka otkloneniya raspredeleniya veroyatnostey ot normalnogo raspredeleniya. M.: Standart, 2002. (Russian).

**Стаття надійшла  
31.04.2021 р.**

### Резюме

Проведено статистичну обробку результатів вимірювання трьох трансверзальних параметрів верхньої щелепи і трьох трансверзальних параметрів верхніх дихальних шляхів до й після ортодонтичного лікування мезіального прикусу. Дані вибірок результатів вимірювання перевірено на нормальність розподілу за критерієм Шапіро-Вілка, обчислено коефіцієнти кореляції між параметрами й оцінено адекватність цих коефіцієнтів за критерієм Стьюдента.

Досліджено кореляцію між окремими параметрами лицьового скелета й побудовано регресійні лінійні рівняння, що описують зв'язок між ними. Адекватність рівнянь у цілому було перевірено за критерієм Фішера, а постійних коефіцієнтів – за критерієм Стьюдента. Отримані результати дозволяють передбачити зміну одних параметрів лицьового скелета залежно від зміни інших у процесі лікування мезіального прикусу.

**Ключові слова:** математична статистика, верхня щелепа, дихальні шляхи, ортодонтичне лікування, мезіальний прикус.

UDC 616.716.8-007.53+616.716.8-007.61]:616.211-008.4

## RELATIONSHIP BETWEEN PARAMETERS OF THE DENTAL APPARATUS AND RESPIRATORY ORGANS IN ORTHODONTIC TREATMENT

*Bogdanov V.L.<sup>1</sup>, Vyshemyrska T.A.<sup>2</sup>, Grigorenko A.Ya.<sup>1</sup>, Tormakhov N.N.<sup>1</sup>, Flis P.S.<sup>2</sup>*

<sup>1</sup>S.P. Timoshenko institute of mechanics, Kiev, Ukraine

<sup>2</sup>O.O. Bohomolets national medical university, Kiev, Ukraine

### Summary

The dental apparatus and the respiratory organs of the skull are closely related. Respiratory tract defects lead to mouth breathing and abnormalities in the development of the dental apparatus. Elimination of dental anomalies does not guarantee against recurrence of dental diseases and encourages the improvement of methods of comprehensive examination and diagnosis. There are many methods for determining the transverse parameters of the facial skull: by diagnostic models or by frontal telerradiography. These methods do not always reflect the true position of the facial skull. We have proposed a method of measuring the transverse dimensions of the upper jaw and upper respiratory tract using computed tomography, which through the use of appropriate mathematical modeling can improve the diagnosis of respiratory organs and dental apparatus during orthodontic treatment.

In the clinic of the dental medical center of the National Medical University. O.O. Bogomolets underwent orthodontic treatment of children with the first form of gnathal mesial occlusion according to Betelman. Treatment of mesial occlusion was performed using a fixed device for transverse dilation of the upper jaw. From the patients treated, we selected a group of 17 boys and 20 girls. Children aged 7 to 12 years had the first molars, clinically established 3rd or 2nd grade molar defects, congestion of more than 3 millimeters and nasal breathing problems. Before and after treatment with computed tomography, three distances of the upper jaw were measured: between the medial-palatine mounds of the first permanent molars, between the bones of the alveolar arch at the level of the resistance center of the first permanent molar, and between the cortical plates of the basal arch at the resistance center of the first permanent molars. In addition, three distances of the upper respiratory tract were measured: between the lateral points of the nasal walls at the level of the large palatal canals, between the lateral points of the nasal walls at the level of the large palatal canals and between the rudiments of the canines at the level of the pear-shaped opening.

The results of changes in these parameters of the facial skeleton were subjected to statistical processing to determine the maximum and minimum values, mean, confidence interval. Testing the hypothesis of the normal distribution of sample data by the Shapiro-Wilk test showed that the frequency distribution of measurement data in the samples is close to normal.

The closeness of the relationship between the parameters of the facial skeleton was assessed by the correlation coefficient and the adequacy of these coefficients - by Student's criterion. As a result, there was no statistically significant dependence of the change in the distance between the medial palatine mounds of the first permanent molars on changes in the distances between the bones of the alveolar arch at the resistance center of the first permanent molar, between the cortical plates of the basal arch at the level of the center of resistance of the first permanent molars and the lateral points of the nasal walls at the level of the large palatal canals. It is shown that the change in the distance between the lateral points of the nasal walls at the level of the large palatal canals is statistically weakly related to the change in the distance between the medial palatal mounds of the first permanent molars and is not related to other parameters considered.

Linear regression equations were constructed between the parameters of the change in the transverse

dimensions of the facial skeleton. Verification of these models by Fisher's parameter showed their adequacy in general. Additional verification of the adequacy of the constant coefficients included in these models, according to Student's test, showed that the free member in the model changes the distance of the upper respiratory tract between the lateral points of the nasal walls at the level of the large palatal canals from the change in the distance between the cortical plates of the basal arch at the level of the center of resistance of the first permanent molars is not statistically significant. The rejection of the free term in this regression dependence led to an increase in the Fisher and Student criteria, which indicates an increase in the adequacy of this equation. The obtained regression equations allow predicting the change of some transverse dimensions of the facial skeleton depending on the change of others in the treatment of mesial occlusion and thus can improve the diagnosis of patients.

**Key words:** mathematical statistics, maxilla, respiratory tract, orthodontic treatment, mesial occlusion.