

Прогностична значущість рентгенологічних показників щільності кісткових тканин щелепно-лицевої ділянки для обрання тактики застосування ортодонтичних апаратів під час лікування зубощелепних деформацій у дітей із односторонніми вродженими незрощеннями губи та піднебіння

УДК 616.716-007.254-089.23-053.2-073.7-037(045)

Валерій Філоненко

ID 0000-0003-1060-9058

Національний
медичний університет
імені О.О. Богомольця,
м. Київ, Україна

Ключові слова:

комп'ютерна томографія;
верхня щелепа;
шкала Гаунсфілда;
трансверзальні та
сагітальні розміри

Анотація:

Аналіз даних комп'ютерної томографії черепа з подальшою 3D-реконструкцією зображень у заданому діапазоні рентгенологічної щільності є ключовим інструментом дослідження кісткових структур щелепно-лицевої ділянки.

Мета: довести прогностичну значущість показників рентгенологічної щільності кісткових тканин щелепно-лицевої ділянки для обрання тактики застосування ортодонтичних апаратів під час лікування зубощелепних деформацій у дітей із односторонніми вродженими незрощеннями губи та піднебіння.

Матеріал і методи. Предметом аналізу були дані вимірювання показників рентгенологічної щільності верхньої щелепи 42 дітей із односторонніми вродженими незрощеннями губи та піднебіння, що проходили ортодонтичне лікування у віці від 4,5 до 13 років. Щільність визначали у ділянках, які відповідають максимальному напруженню під впливом дії ортодонтичних апаратів.

Результати. Прогностичну значущість показників рентгенологічної щільності кісткових тканин щелепно-лицевої ділянки та статистичну значущість значень, що відповідають максимальному напруженню під впливом дії ортодонтичних апаратів, доцільно враховувати для обрання тактики застосування ортодонтичних апаратів під час лікування зубощелепних деформацій у дітей із односторонніми вродженими незрощеннями губи та піднебіння з метою запобігання виникнення ускладнень та оптимізації лікування. Результати вимірювань рентгенологічної щільності кісткових тканин в усіх парах визначених контрольних точок ZZS та ZZI, ZAS та ZAI, NS та NI, TSS та TSI в молодшій ($n = 19$) та старшій ($n = 23$) вікових групах характеризуються доволі високими показниками коефіцієнтів варіації значень.

Висновки. Вибір виду ортодонтичних конструкцій та їх режим активування під час лікування зубощелепних деформацій у дітей із односторонніми вродженими незрощеннями губи та піднебіння обумовлений взаємозв'язком між рентгенологічною щільністю кісткових тканин лицевого черепа та їхніми біомеханічними властивостями, що відображається у показниках абсолютної зміни трансверзальних і сагітальних розмірів дефектів та незрощених фрагментів верхньої щелепи до та після ортодонтичного лікування пацієнтів із наявністю односторонніх вроджених незрощень губи та піднебіння.

Prognostic Significance of Radiological Indices of Bone Density in the Maxillofacial Region for Choosing the Tactics of Using Orthodontic Appliances in the Treatment of Dentognathic Deformities in Children with Unilateral Congenital Cleft Lip and Palate

Abstract

Over the past two decades, there has been a steady increase in demand for orthodontic treatment among both children and adults, primarily driven by patients' desire to improve facial and smile aesthetics. Particular attention must be paid to the periodon-



Стаття опублікована на умовах
відкритого доступу за ліцензією
CC BY-NC.

Valerii Filonenko

ID 0000-0003-1060-9058

**Bogomolets National
Medical University,
Kyiv, Ukraine****Keywords:***computed tomography;
upper jaw;
Hounsfield scale;
transverse and sagittal
dimensions*

tal status of such patients, as the likelihood of periodontal pathology is relatively high. Epidemiological data indicate a significant prevalence of periodontal diseases, with severe forms of periodontitis diagnosed in 8–13% of the population. A clear correlation exists between periodontal disease and dentoalveolar anomalies (crowding, rotations, supra- and infraocclusion, etc.). These deformities complicate oral hygiene, promote plaque accumulation, and impair both aesthetics and functionality. The typical clinical profile of an adult patient with periodontitis often includes protrusion of the upper incisors, as well as the presence of tremas and diastemas.

Aim. To analyze the relationship between periodontal tissue condition and orthodontic anomalies in adults in order to improve their quality of life, and to investigate tissue response to tooth movement and treatment approaches.

Conclusions. It has been established that in patients with proper oral hygiene and healthy periodontal tissues, orthodontic intervention is safe for the alveolar bone. Even in the presence of periodontal disease, provided that hygiene is strictly controlled and moderate forces are applied (within the biological limits described by Schwarz), orthodontic treatment does not provoke exacerbation of inflammatory processes.

Вступ

Аналіз даних комп'ютерної томографії (КТ) черепа з подальшою 3D-реконструкцією зображень у заданому діапазоні рентгенологічної щільності є ключовим інструментом дослідження кісткових структур щелепно-лицевої ділянки (ЩЛД) [1, 2, 3–6]. Рентгенологічну щільність не можна розглядати як постійну величину [1, 2, 7–13]. Фізико-механічні характеристики кісткової тканини щелеп, зокрема у дітей із вродженими незрощеннями губи та піднебіння (ВНГП), визначають ефективність проведення хірургічних та ортодонтичних втручань. Однак системних досліджень з встановлення прогностичної значущості рентгенологічної щільності кісткових тканин (РЩКТ) ЩЛД для обрання тактики застосування ортодонтичних апаратів під час лікування зубощелепних деформацій (ЗЩД) у зазначеного контингенту пацієнтів не проводили.

Мета: довести прогностичну значущість показників РЩКТ ЩЛД для обрання тактики застосування ортодонтичних апаратів під час лікування ЗЩД у дітей із односторонніми ВНГП.

Матеріал і методи

Предметом аналізу були дані вимірювання показників рентгенологічної щільності верхньої щелепи 42 дітей з односторонніми ВНГП, що проходили ортодонтичне лікування у віці від 4,5 до 13 років (середній вік $9,7 \pm 3,1$ роки). Хірургічні втручання з метою закриття дефекту твердого піднебіння проводили у віці 6 років, а кісткову пластику альвеолярного відростка у 12–13 років. Під час планування етапів хірургічного лікування, безпосередньо перед їх проведенням, усім пацієнтам, що проходили ортодонтичне лікування та були включені до групи дослі-

дження, проводили КТ з метою морфометричного оцінювання кісткових структур.

Для порівняльного аналізу, враховуючи вікові особливості формування прикусу залежно від періоду змінного прикусу, виділили молодшу (МВГ) та старшу (СВГ) вікові групи. До МВГ увійшли 19 дітей, до СВГ — 23 дитини.

Томографічні зрізи виконували за стандартизованим протоколом КТ досліджень лицевого черепа томографом Planmeca ProMax 3D Mid (slice increment: 0.625; pixel size: 0.488; matrix: 512×512 pixels).

РЩКТ оцінювали в одиницях Гаунсфілда НУ на основі коефіцієнтів ослаблення рентгеновського випромінювання. Для цього застосовували інструмент «Rectangle» програмного забезпечення для перегляду DICOM-файлів «Horos». З урахуванням індивідуальних морфологічних особливостей кісток лицевого скелету, складовою дослідження було вимірювання мінімальних та максимальних показників. Щільність визначали у ділянках, які відповідають максимальному напруженню під впливом дії ортодонтичних апаратів, у таких точках:

- на вилицевому відростку верхньої щелепи (*processus zygomaticus*) на рівні вилично-щелепного шва (*sutura zygomaticomaxillaris*) — *Zyg-Zyg (Sanitas)* здоровий бік, *Zyg-Zyg (Infirmitas)* бік незрощення: відповідні точки ZZS та ZZI;
- на місці перетину компактних пластинок дна гайморової пазухи (*sinus maxillaris*) та вилично-альвеолярного гребеня (*crista zygomatico-alveolaris*) — *Zyg-Alv (Sanitas)* здоровий бік, *Zyg-Alv (Infirmitas)* бік незрощення: відповідні точки ZAS та ZAI;
- на місці з'єднання компактною пластинки горба верхньої щелепи (*tuber maxillae*) та

клиноподібної кістки (*os sphenoidale*) — *TS* (*Sanitas*) здоровий бік, *TS* (*Infirmus*) бік незрощення: відповідні точки *TSS* та *TSI*;

- найбільш увігнута точка носолобного контрфорсу (*nasofrontal patronam*) — *N* (*Sanitas*) здоровий бік; *N* (*Infirmus*) бік незрощення: відповідні точки *NS* та *NI*.

Критерії включення: діти з однобічними ВНГП; вік проведення ортодонтичного лікування від 4,5 до 13 років без розподілу за гендерною приналежністю; проведення хірургічних втручань із закриттям дефекту твердого піднебіння у віці 6 років, із закриттям кісткової пластики альвеолярного відростка — 12–13 років; проведення КТ перед хірургічним втручанням у віці 6 та 12–13 років; згода батьків на участь у дослідженні.

Критерії виключення: відсутність повного документування випадку; проведення хірургічних втручань із закриттям дефекту твердого піднебіння до або після 6 років, із закриттям кісткової пластики альвеолярного відростка до або після 12–13 років; проведення КТ перед хірургічним втручанням до або після 6 та 12–13 років; наявність супутніх соматичних захворювань, асоційованих із порушенням метаболізму кісткової тканини; психічні розлади; наявність переломів кісток обличчя в анамнезі; наявність пухлин, пухлиноподібних і запальних процесів, що змінювали кісткову архітектуру верхньої щелепи; відмова батьків на участь у дослідженні.

Статистичний аналіз отриманих даних проведено з використанням спеціалізованого програмного забезпечення MedStat v. 5.2 (Free Software Licence, Україна) та Jamovi v. 2.3 (The Jamovi Project (2023), GNU Affero General Public License v 3.0).

Розподіл на нормальність усіх кількісних даних перевіряли за критерієм Шапіро-Уїлка. Залежно від результатів перевірки для подальшого аналізу застосовували параметричні критерії (у разі прийняття гіпотези про нормальність розподілу) або непараметричні критерії (у випадку відмінності розподілу від нормального). Для представлення описових статистичних характеристик мір центральної тенденції та мір розсіювання варіаційних рядів даних у разі прийняття гіпотези про нормальність розподілу дані наводили із зазначенням величини середнього арифметичного (*M*) та середньоквадратичного відхилення (*SD*), тобто $M \pm SD$. У разі відхилення гіпотези про нормальність розподілу дані представляли із зазначенням величини медіани

(*Me*), міжквартильного розмаху між першим квартилем (Q_1 , 25-й перцентиль) і третім квартилем (Q_3 , 75-й перцентиль), тобто $Me(Q_1-Q_3)$. Із врахуванням міркувань доцільності у деяких випадках наводили мінімальні та максимальні значення певних характеристик об'єктів статистичного спостереження та 95%-й довірчий інтервал (95%-й ДІ). Якісні показники використовували як групувальні ознаки із представленням у формі акронімів.

Для визначення статистичної значущості відмінностей під час порівняння двох незалежних груп даних із нормальним розподілом застосовували критерій Стюдента, трьох і більше вибірок — метод множинних порівнянь Шеффе. Перед проведенням порівнянь перевіряли гіпотезу про рівність дисперсій у відповідних групах із використанням *F*-критерію Фішера (для нормального закону розподілу) та критерію Краскала-Уолліса (у випадку відмінності розподілу від нормального). Статистично значущими вважали відмінності характеристик об'єктів статистичного спостереження за рівня значущості $p < 0,05$ (критичне значення рівня статистичної значущості становить 0,05).

Результати та обговорення

Статистику результатів вимірювань РЩКТ у пацієнтів із однобічними ВНГП МВГ ($n = 19$) та СВГ ($n = 23$) у точках, що відповідають максимальному напруженню під впливом дії ортодонтичних апаратів зі здорового боку (*Sanitas*) та боку незрощення (*Infirmus*), а також статистично значущі ($p < 0,05$) величини коефіцієнта кореляції Спірмена (КК Спірмена), наведено у **табл. 1**.

Порівняння центральних тенденцій для значень КК Спірмена вибірок даних щодо РЩКТ у різних точках вимірювання для МВГ та СВГ показало відмінність на рівні значущості $p = 0,036$. Середнє значення КК Спірмена в МВГ становило $0,635 \pm 0,042$, що можна інтерпретувати як помірну кореляцію. Середнє значення КК Спірмена у СВГ виявилось більшим, ніж у МВГ, та дорівнювало $0,757 \pm 0,080$, що можна тлумачити як сильну кореляцію.

На **рис. 1** представлено діаграму розмаху значень КК Спірмена вибірок даних щодо РЩКТ у різних точках вимірювання для пацієнтів МВГ та СВГ.

З наведених результатів можна припустити, що зі збільшенням віку та поступового переходу від МВГ до СВГ відмінності показників

Таблиця 1.

Результати вимірювань РЩКТ у точках, що відповідають максимальному напруженню під впливом дії ортодонтичних апаратів зі здорового боку та боку незрощення у пацієнтів МВГ та СВГ із односторонніми ВНГП

Точка вимірювання	МВГ		СВГ	
	РЩКТ $M \pm SD$, HU	КК Спірмена	РЩКТ $M \pm SD$, HU	КК Спірмена
ZZS	1126 $\pm$ 213	0,572	1123 $\pm$ 280	0,871
ZZI	1189 $\pm$ 237		1046 $\pm$ 249	
ZAS	1164 $\pm$ 293	0,661	1055 $\pm$ 279	0,710
ZZI	971 $\pm$ 207		1053 $\pm$ 322	
NS	1356 $\pm$ 274	0,650	1221 $\pm$ 240	0,751
NI	1118 $\pm$ 207		1073 $\pm$ 191	
TSS	1083 $\pm$ 262	0,658	999 $\pm$ 170	0,695
TSI	922 $\pm$ 220		991 $\pm$ 193	

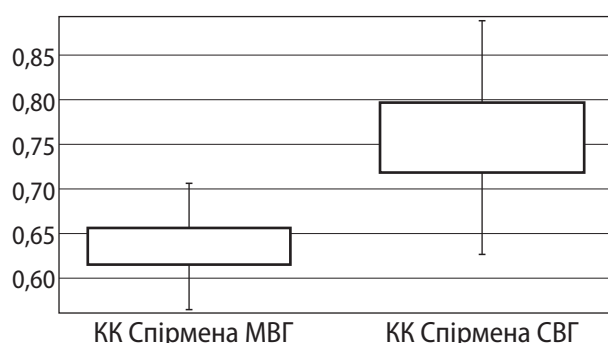


Рис. 1. Діаграма розмаху значень КК Спірмена вибірок даних щодо РЩКТ у різних точках вимірювання для пацієнтів МВГ та СВГ

РЩКТ між умовно здоровим боком та боком незрощення у пацієнтів із односторонніми ВНГП поступово зменшуються, а самі показники щільності кісток із двох боків стають тісніше пов'язані між собою.

Наявність кореляційного зв'язку між даними вимірювання РЩКТ у парах точок ZZ, ZA, N та TS зі здорового боку (*Sanitas*) та боку незрощення (*Infirmitas*) у пацієнтів із односторонніми ВНГП обґрунтовує можливість уведення середніх показників РЩКТ ZZc, ZAc, Nc та TSc для проведення подальшого дослідження з виявлення можливого взаємозв'язку рентгенологічних показників щільності кісток лицевого черепа та показників абсолютної зміни трансверзальних та сагітальних розмірів дефектів та незрощених фрагментів до та після ортодонтичного лікування.

Для кореляційного та регресійного аналізу взаємозв'язку показників РЩКТ лицевого черепа та показників абсолютної зміни трансверзальних розмірів дефектів та незрощених фрагментів до та після ортодонтичного лікування встановлено відповідність зон розташування контрольних точок визначення морфо-

метричних розмірів щелеп та асоційованих зон вимірювання РЩКТ.

Для проведення подальшого аналізу обрано морфометричні розміри верхньої щелепи, що зазнали найбільших змін: трансверзальні відстані між точками Db' (розміщена на перетині горизонтальної лінії, що проходить по дистальних поверхнях 55 та 65 зубів та бічної поверхні великого фрагмента щелепи) та Ds' (розміщена на перетині горизонтальної лінії, що проходить по дистальних поверхнях 55 та 65 зубів та бічної поверхні малого фрагмента щелепи) і точками 3 (найбільш виступає на передньому краї малого фрагмента щелепи) та 3'' (утворюється на дистальному краї великого фрагмента щелепи на горизонтальній лінії, що проходить від точки 3 до перетину з дистальним краєм великого фрагмента щелепи).

Для кількісного опису ефекту застосування ортодонтичних апаратів для корекції ЗЩД у різних групах дослідження ввели показник абсолютної зміни розміру (АЗР) трансверзальних параметрів (у мм) дефектів та незрощених фрагментів до та після ортодонтичного лікування (Розмір_{до} та Розмір_{після}). Абсолютну зміну розмірів $Db' - Ds'$ та 3 - 3'' визначали за формулами:

$$АЗР_D = (Db' - Ds')_{\text{після}} - (Db' - Ds')_{\text{до}}, (1)$$

$$АЗР_3 = (3 - 3'')_{\text{після}} - (3 - 3'')_{\text{до}}. (2)$$

Раніше виявлена наявність кореляційного зв'язку між даними вимірювання РЩКТ у парах однотипних точок ZZ, ZA зі здорового боку (*Sanitas*) та боку незрощення (*Infirmitas*) у пацієнтів із односторонніми ВНГП обґрунтовує можливість уведення середніх показників РЩКТ ZZc та ZAc для проведення подальшо-

Таблиця 2.

Описова статистика показників АЗР_D та АЗР_3 та середні значення показників РЩКТ ZZc та ZAc для пацієнтів MBГ та СВГ

Вікова група	АЗР_D, M ± SD, мм	АЗР_3, M ± SD, мм	РЩКТ ZZc, M ± SD, HU	РЩКТ ZAc, M ± SD, HU
MBГ, n = 19	1,3 ± 1,0	2,7 ± 1,1	1158 ± 170	1067 ± 229
СВГ, n = 23	1,1 ± 1,0	1,7 ± 1,4	1085 ± 250	1054 ± 281

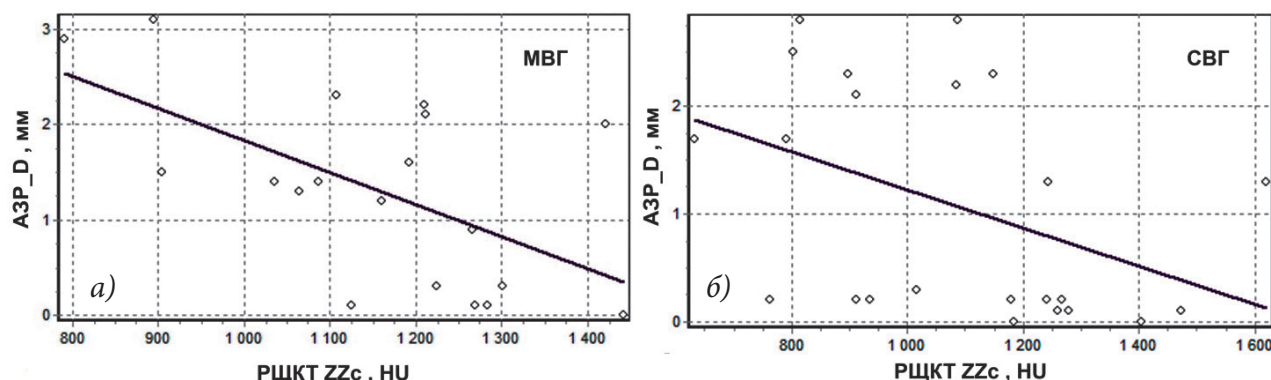


Рис. 2. Діаграми розсіювання та лінійні регресійні моделі взаємозв'язку змінних трансверсального розміру АЗР_D та РЩКТ ZZc для пацієнтів MBГ (а) та СВГ (б).

го дослідження. Середні значення показників РЩКТ ZZc та ZAc обчислювали за формулами:

$$ZZc = \frac{ZZS + ZZI}{2}; \quad (3)$$

$$ZAc = \frac{ZAS + ZAI}{2}. \quad (4)$$

Описову статистику показників АЗР_D та АЗР_3, що відповідають АЗР Db'-Ds' та 3-3'' верхньої щелепи (у мм), та середні значення показників РЩКТ ZZc та ZAc за шкалою Гаунсфілда для пацієнтів MBГ та СВГ представлено у **табл. 2**.

У процесі попередньої перевірки наявності кореляційного зв'язку для двох вибірок АЗР_D та РЩКТ ZZc у MBГ (n = 19) із застосуванням розрахункового показника рангової кореляції Спірмена виявлено від'ємний помірний кореляційний зв'язок, який характеризується значенням КК Спірмена 0,580 на рівні значущості $p < 0,01$. Від'ємне значення КК Спірмена та його величина вказують на наявність не дуже сильного зв'язку між змінними АЗР_D та РЩКТ ZZc. Водночас зі зростанням значення однієї змінної (РЩКТ лицевого черепа в околі точок ZZ) значення іншої (абсолютної зміни трансверсальних розмірів щелепи Db'-Ds' у процесі ортодонтного лікування), імовірно, буде зменшуватися. Значення $p < 0,01$ свідчить про те, що виявлений кореляційний зв'язок між змінними

АЗР_D та РЩКТ ZZc є дуже вірогідним і не випадковим.

Під час аналогічної перевірки наявності кореляційного зв'язку для двох вибірок АЗР_D та РЩКТ ZZc у СВГ (n = 23) також виявлено від'ємний помірний кореляційний зв'язок, який характеризується значенням КК Спірмена 0,559 на рівні значущості $p < 0,01$.

Враховуючи, що розподіл даних не відрізняється від нормального, доцільним є проведення регресійного аналізу із перевіркою можливості побудови лінійної моделі регресії для змінних АЗР_D та РЩКТ ZZc для пацієнтів MBГ та СВГ.

На **рис. 2** представлено діаграми розсіювання та лінійні регресійні моделі взаємозв'язку змінних трансверсального розміру АЗР_D та РЩКТ ZZc для пацієнтів MBГ та СВГ.

Також отримані відповідні лінійні рівняння регресії щодо взаємозв'язку змінних морфологічного розміру АЗР_D та РЩКТ ZZc для пацієнтів MBГ та СВГ. Для MBГ рівняння лінійної регресії для змінних АЗР_D та РЩКТ ZZc має такий вигляд:

$$AZP_D = -0,0034 \times PЩКТ\ ZZc + 5,21. \quad (5)$$

Відповідне значення коефіцієнта лінійної кореляції становить 0,591 (на рівні значущості $p = 0,008$), що також свідчить про наявність від'ємного помірної кореляційного зв'язку між АЗР_D та РЩКТ ZZc у MBГ.

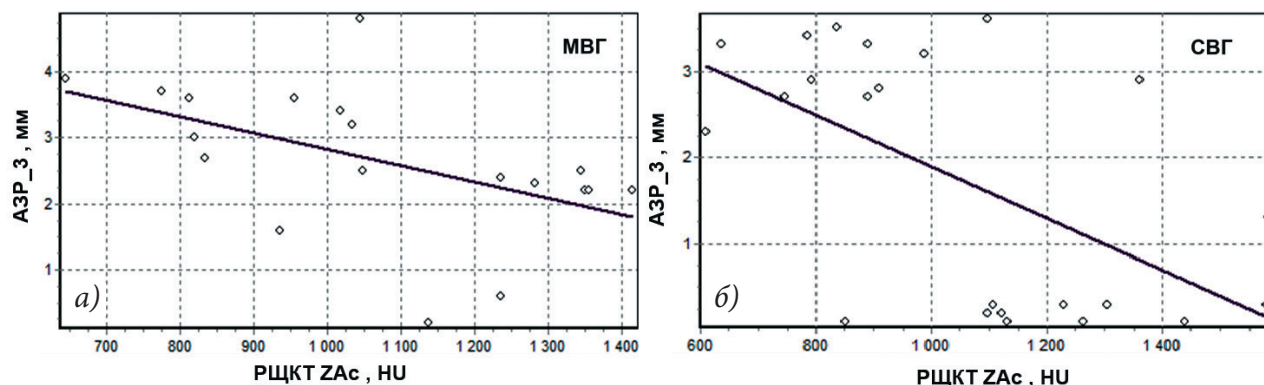


Рис. 3. Діаграми розсіювання та лінійні регресійні моделі взаємозв'язку змінних АЗР_3 трансверсального розміру та РЩКТ ZAc для пацієнтів MBG (а) та СВГ (б)

Для СВГ рівняння лінійної регресії для змінних АЗР_D та РЩКТ ZZc набуває вигляду:

$$\text{АЗР}_D = -0,0018 \times \text{РЩКТ ZZc} + 3,01. \quad (6)$$

Відповідне значення коефіцієнта лінійної кореляції у СВГ становить 0,422 (на рівні значущості $p = 0,045$, близько до межі статистичної значущості), що дещо відрізняється від показників у MBG і свідчить про ймовірну наявність від'ємного помірної (ближче до слабкого) кореляційного зв'язку між АЗР_D та РЩКТ ZZc. Це дає підстави вважати, що модель лінійної регресії для MBG може мати більше прогностичне значення, ніж для СВГ. Доцільним є продовження досліджень з метою подальшого вдосконалення отриманих моделей.

Прогностичне значення побудованих моделей лінійної регресії полягає у тому, що їх можна використовувати для кількісної оцінки ймовірних значень залежної змінної АЗР_D зміни морфологічного розміру, яку ми намагаємося передбачити на основі результатів попередніх вимірів значень незалежної змінної РЩКТ ZZc, що використовується для прогнозування очікуваного результату ортодонтного лікування пацієнтів MBG та СВГ.

Наступним етапом стала перевірка наявності кореляційного зв'язку для двох вибірок АЗР_3 та РЩКТ ZAc у MBG, що виявила від'ємний помірний (наближений до сильного) кореляційний зв'язок, який характеризується значенням КК Спірмена 0,664 на рівні значущості $p < 0,01$. Так, зі зростанням значення однієї змінної (РЩКТ лицевого черепа в околі точок ZA) значення іншої змінної (абсолютної зміни трансверсальних розмірів щелепи 3–3'' у процесі ортодонтного лікування), ймовірно, буде зменшуватися. Аналогічна перевірка наявності кореляційного зв'язку для двох вибі-

рок АЗР_3 та РЩКТ ZAc у СВГ виявила від'ємний помірний, але значно слабший, ніж у MBG, кореляційний зв'язок, який характеризується значенням КК Спірмена 0,502 на рівні значущості $p = 0,01$. Ураховуючи, що розподіл даних АЗР_3 та РЩКТ ZAc не відрізняється від нормального, доцільним є проведення регресійного аналізу із перевіркою можливості побудови лінійної моделі регресії для змінних АЗР_3 та РЩКТ ZAc для пацієнтів MBG та СВГ.

На **рис. 3** представлено діаграми розсіювання та лінійні регресійні моделі взаємозв'язку змінних АЗР_3 трансверсального розміру та РЩКТ ZAc для пацієнтів MBG та СВГ.

Також отримані відповідні лінійні рівняння регресії щодо взаємозв'язку змінних АЗР_3 морфологічного розміру та РЩКТ ZAc для пацієнтів MBG та СВГ. Для MBG рівняння лінійної регресії для змінних АЗР_3 та РЩКТ ZAc набуває такого вигляду:

$$\text{АЗР}_3 = -0,0025 \times \text{РЩКТ ZAc} + 5,30. \quad (7)$$

Відповідне значення коефіцієнта лінійної кореляції становить 0,509 (на рівні значущості $p = 0,026$), що також свідчить про наявність від'ємного помірної кореляційного зв'язку між АЗР_3 та РЩКТ ZAc у MBG.

Для СВГ рівняння лінійної регресії для змінних АЗР_3 та РЩКТ ZAc має вигляд:

$$\text{АЗР}_3 = -0,0030 \times \text{РЩКТ ZAc} + 4,89. \quad (8)$$

Відповідне значення коефіцієнта лінійної кореляції у СВГ становить 0,579 (на рівні значущості $p = 0,004$), що незначно відрізняється від показників у MBG і свідчить про наявність від'ємного помірної кореляційного зв'язку між АЗР_3 та РЩКТ ZAc.

З метою встановлення взаємозв'язку рентгенологічних показників щільності кісток ли-

Таблиця 3.

Описова статистика показників АЗР S_1 , S_2 та S_{2-3} верхньої щелепи та середні значення вимірювання показників РЩКТ N_c та TSc для пацієнтів МВГ та СВГ

Вікова група	АЗР_ S_1 , мм	АЗР_ S_2 , мм	АЗР_ S_{2-3} , мм	РЩКТ N_c , HU	РЩКТ TSc , HU
МВГ, $n = 19$	$2,6 \pm 1,5$	$2,3 \pm 1,4$	$2,5 \pm 1,3$	1237 ± 224	1003 ± 225
СВГ, $n = 23$	$2,5 \pm 0,9$	$2,4 \pm 0,9$	$2,5 \pm 0,9$	1147 ± 210	995 ± 172

цевого черепа та показників абсолютної зміни сагітальних розмірів незрощених фрагментів щелепи до та після ортодонтичного лікування для пацієнтів МВГ ($n = 19$) та СВГ ($n = 23$) та-кож провели кореляційний та регресійний аналізи. Для цього встановили відповідність зон розташування контрольних точок визначення морфометричних сагітальних розмірів щелепи та асоційованих зон вимірювання РЩКТ.

Обрано морфометричні розміри верхньої щелепи S_1 (сагітальний розмір базисний), S_2 (сагітальний розмір великого фрагмента) та S_{2-3} (дефіцит торцевого змикання, де S_3 — сагітальний розмір малого фрагмента).

На підставі наближеної відповідності анатомічного розташування для аналізу та виявлення кореляційного зв'язку в пацієнтів із односторонніми ВНГП обрано точки вимірювання РЩКТ N та TS зі здорового боку (*Sanitas*) та боку незрощення (*Infirmus*).

Для кількісного опису ефекту застосування ортодонтичних апаратів для корекції ЗЩД у різних групах дослідження введено показник АЗР сагітальних параметрів (у мм) дефектів та незрощених фрагментів до та після ортодонтичного лікування (Розмір_до та Розмір_після). АЗР S_1 , S_2 та S_{2-3} визначено відповідно до формул:

$$\text{АЗР}_S_1 = S_{1_після} - S_{1_до}; \quad (9)$$

$$\text{АЗР}_S_2 = S_{2_після} - S_{2_до}; \quad (10)$$

$$\text{АЗР}_S_{2-3} = S_{2-3_після} - S_{2-3_до}. \quad (11)$$

Раніше виявлений кореляційний зв'язок між даними вимірювання РЩКТ у парах однотипних точок N , TS зі здорового боку (*Sanitas*) та боку незрощення (*Infirmus*) у пацієнтів із односторонніми ВНГП обґрунтовує можливість введення середніх показників РЩКТ N_c та TSc для проведення подальшого дослідження. Середні значення показників РЩКТ N_c та TSc визначено відповідно до формул:

$$N_c = \frac{NS + NI}{2}; \quad (12)$$

$$TSc = \frac{TSS + TSI}{2}. \quad (13)$$

Описова статистика показників АЗР S_1 , S_2 та S_{2-3} верхньої щелепи (у мм) та середні значення вимірювання показників РЩКТ N_c та TSc (в одиницях HU) для пацієнтів МВГ та СВГ представлено у **табл. 3**.

Для попередньої перевірки наявності кореляційного зв'язку для двох пар вибірок АЗР_ S_1 і РЩКТ N_c та АЗР_ S_2 і РЩКТ N_c у МВГ застосовано обчислення показника рангової кореляції Спірмена, виявлено від'ємний помірний кореляційний зв'язок, який характеризується значенням КК Спірмена 0,653 на рівні значущості $p < 0,01$ для пари змінних АЗР_ S_1 і РЩКТ N_c та КК Спірмена 0,452 (не є статистично значущим, $p > 0,05$) для пари змінних АЗР_ S_2 і РЩКТ N_c . Знак та величина КК Спірмена вказують на те, що існує певний зв'язок між змінними АЗР_ S_1 і РЩКТ N_c та АЗР_ S_2 і РЩКТ N_c , але він не є істотним. За такої умови є підстави для обґрунтованого припущення та подальшої перевірки гіпотези, що зі збільшенням значення однієї змінної (РЩКТ лицевого черепа в околі точок N) значення інших змінних (абсолютної зміни сагітальних розмірів щелепи S_1 та S_2 у процесі ортодонтичного лікування), ймовірно, будуть зменшуватися.

Для аналогічної перевірки наявності кореляційного зв'язку для двох пар вибірок АЗР_ S_1 і РЩКТ N_c та АЗР_ S_2 і РЩКТ N_c у СВГ із застосуванням розрахункового показника рангової кореляції Спірмена також виявлено від'ємний помірний (ближче до слабкого) кореляційний зв'язок, що характеризується значенням КК Спірмена 0,414 на рівні значущості $p = 0,05$ (який є межею статистичної значущості) для пари змінних АЗР_ S_1 і РЩКТ N_c та КК Спірмена 0,385 (не є статистично значущим, $p > 0,05$) для пари змінних АЗР_ S_2 і РЩКТ N_c . Характеристики тісноти кореляційного зв'язку рентгенологічних показників щільності кісток лицевого черепа N_c та показників абсолютної зміни сагітальних розмірів S_1 та S_2 дефектів та

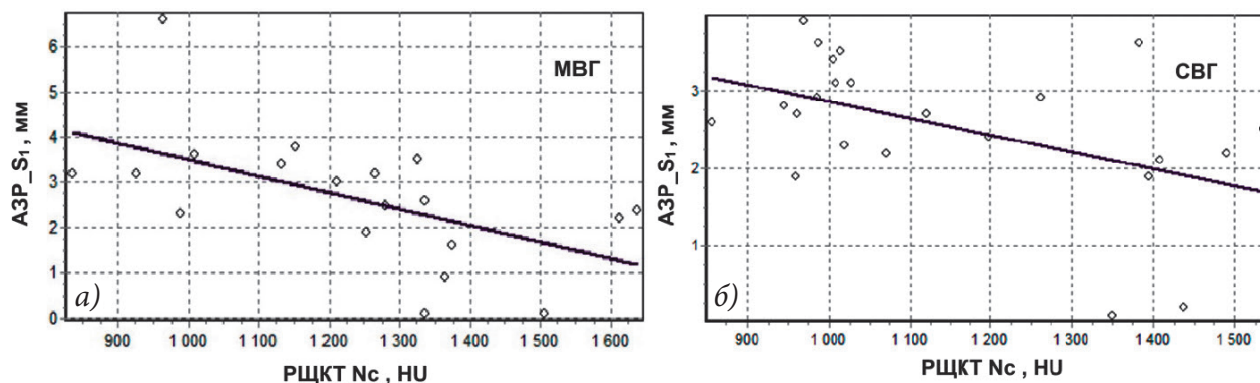


Рис. 4. Діаграми розсіювання та лінійні регресійні моделі взаємозв'язку змінних базисного сагітального розміру $A3P_S_1$ та $PЩКТ\ Nc$ для пацієнтів MBG (a) та CBG (б).

незрощених фрагментів у CBG виявилися значно меншими, ніж у MBG.

Ураховуючи, що розподіл даних не відрізняється від нормального, доцільним є наступне проведення регресійного аналізу із перевіркою можливості побудови лінійної моделі регресії для двох пар вибірок $A3P_S_1$ і $PЩКТ\ Nc$ та $A3P_S_2$ і $PЩКТ\ Nc$ для пацієнтів MBG та CBG.

На **рис. 4** представлено діаграми розсіювання та лінійні регресійні моделі взаємозв'язку змінних базисного сагітального розміру $A3P_S_1$ та $PЩКТ\ Nc$ для пацієнтів MBG та CBG.

Отримані лінійні рівняння регресії щодо взаємозв'язку змінних базисного сагітального розміру $A3P_S_1$ та $PЩКТ\ Nc$ для пацієнтів MBG та CBG. Для MBG рівняння лінійної регресії для змінних $A3P_S_1$ та $PЩКТ\ Nc$ набуває вигляду:

$$A3P_S_1 = -0,0037 \times PЩКТ\ Nc + 7,14. \quad (14)$$

Відповідне значення коефіцієнта лінійної кореляції становить 0,559 (на рівні значущості $p=0,013$), що також свідчить про наявність від'ємного помірного кореляційного зв'язку між $A3P_S_1$ та $PЩКТ\ Nc$ у MBG.

Для CBG рівняння лінійної регресії для змінних $A3P_S_1$ та $PЩКТ\ Nc$ має такий вигляд:

$$A3P_S_1 = -0,0022 \times PЩКТ\ Nc + 5,02. \quad (15)$$

Відповідне значення коефіцієнта лінійної кореляції у CBG становить 0,481 (на рівні значущості $p=0,020$), що не істотно відрізняється від показників у MBG і свідчить про наявність від'ємного помірного кореляційного зв'язку між $A3P_S_1$ та $PЩКТ\ Nc$.

На **рис. 5** наведено діаграми розсіювання та лінійні регресійні моделі взаємозв'язку змінних сагітального розміру $A3P_S_2$ та $PЩКТ\ Nc$ для пацієнтів MBG та CBG.

Як і в попередньому випадку із базисним сагітальним розміром S_1 , для сагітального розміру великого фрагмента верхньої щелепи S_2 також отримані лінійні рівняння регресії щодо взаємозв'язку змінних $A3P_S_2$ та $PЩКТ\ Nc$ для пацієнтів MBG та CBG. Для MBG рівняння лінійної регресії для змінних $A3P_S_2$ та $PЩКТ\ Nc$ набуває вигляду:

$$A3P_S_2 = -0,0029 \times PЩКТ\ Nc + 5,87. \quad (16)$$

Відповідне значення коефіцієнта лінійної кореляції становить 0,470 (на рівні $p=0,042$, який наближений до межі статистичної значущості), що свідчить про ймовірну наявність від'ємного

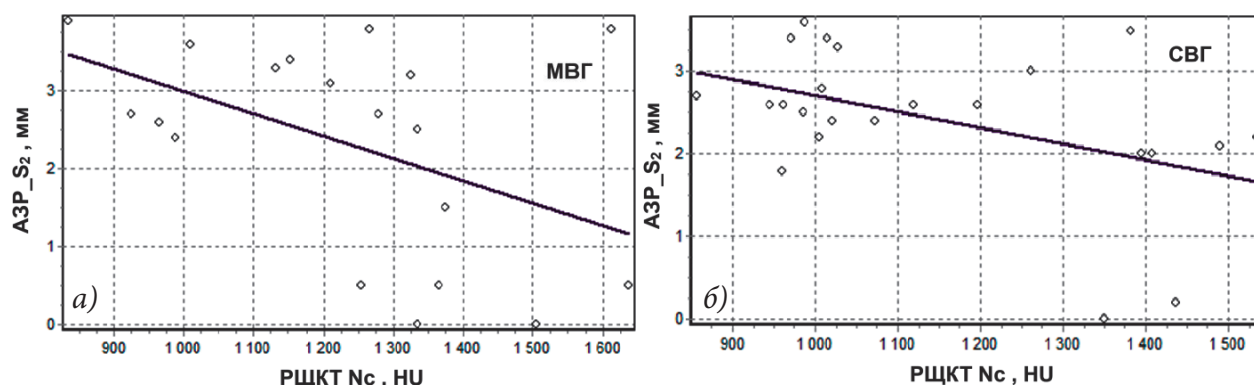


Рис. 5. Діаграми розсіювання та лінійні регресійні моделі взаємозв'язку змінних сагітального розміру $A3P_S_2$ та $PЩКТ\ Nc$ для пацієнтів MBG (a) та CBG (б).

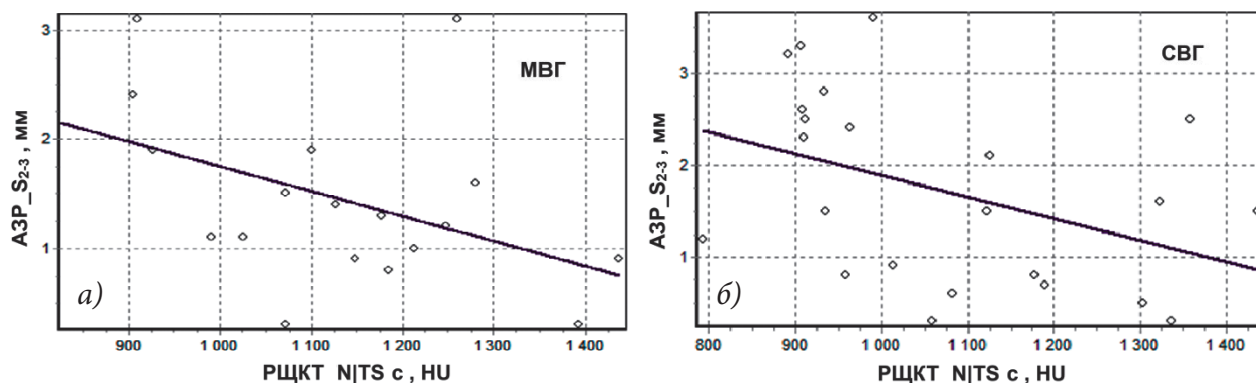


Рис. 6. Діаграми розсіювання та лінійні регресійні моделі взаємозв'язку змінних дефіциту торцевого змикання $A3P_{S_{2-3}}$ та РЩКТ $N|TS$ для пацієнтів МВГ (а) та СВГ (б).

помірного кореляційного зв'язку між $A3P_{S_2}$ та РЩКТ N_c у МВГ.

Для СВГ рівняння лінійної регресії для змінних $A3P_{S_2}$ та РЩКТ N_c має такий вигляд:

$$A3P_{S_2} = -0,0019 \times \text{РЩКТ } N_c + 4,67. \quad (17)$$

Відповідне значення коефіцієнта лінійної кореляції у СВГ становить 0,456 (на рівні значущості $p = 0,029$), що не істотно відрізняється від показників у МВГ та свідчить про наявність від'ємного помірного кореляційного зв'язку між $A3P_{S_2}$ та РЩКТ N_c .

Наступним етапом стала перевірка наявності кореляційного зв'язку для двох вибірок абсолютної зміни сагітальних розмірів $A3P_{S_{2-3}}$ та РЩКТ TS_c (рентгенологічна щільність кісткових тканин лицевого черепа в околі точок TS) у процесі ортодонтичного лікування у МВГ, яка виявила лише ознаки можливого слабкого кореляційного зв'язку (КК Спірмена становить 0,191), який не має статистичної значущості ($p > 0,05$). Під час перевірки наявності кореляційного зв'язку для двох вибірок $A3P_{S_{2-3}}$ та РЩКТ TS_c у СВГ також виявлено лише слабкий кореляційний зв'язок (КК Спірмена = $-0,245$), який аналогічно до такого МВГ не має статистичної значущості ($p > 0,05$).

Подальші етапи аналізу обумовлені міркуваннями наближеної відповідності анатомічного розташування точок вимірювання РЩКТ N та TS до ділянки із максимальними градієнтами механічних напружень за зміни розміру S_{2-3} у пацієнтів із однобічними ВНГП.

Оцінювання можливого зв'язку РЩКТ N_c та TS_c методом розрахунку значення КК Спірмена для пацієнтів МВГ показало наявність помірного позитивного кореляційного зв'язку для двох вибірок РЩКТ N_c та TS_c , який характеризується значенням КК Спірмена 0,670 на рівні статистичної значущості $p < 0,01$. Розрахунки у пацієнтів СВГ показали наявність сильного позитивного кореляційного зв'язку для РЩКТ N_c та TS_c , із відповідним КК Спірмена 0,747 ($p < 0,01$). Виявлена наявність кореляційного зв'язку між даними вимірювання РЩКТ N_c та TS_c та наближеність анатомічного розташування точок N та TS обґрунтовує можливість введення середнього показника РЩКТ $N|TS$ для проведення подальшого дослідження. Середні значення показників РЩКТ N_c та TS_c визначатимуться як:

$$N|TS_c = \frac{N_c + TS_c}{2}. \quad (18)$$

Для попередньої перевірки наявності кореляційного зв'язку для двох вибірок $A3P_{S_{2-3}}$ та РЩКТ $N|TS$ у МВГ обчислено показник рангової кореляції Спірмена. Виявлено від'ємний помірний кореляційний зв'язок, що характеризується значенням КК Спірмена 0,449 (не є статистично значущим $p > 0,05$). Проте цей результат не виключає можливості подальшого уточнення.

Під час проведення аналогічної перевірки наявності кореляційного зв'язку для двох вибірок $A3P_{S_{2-3}}$ та РЩКТ $N|TS$ у СВГ виявлено від'ємний помірний кореляційний зв'язок. Він характеризується значенням КК Спірмена $-0,487$ на рівні значущості $p = 0,02$, що свідчить про не випадковість кореляційного зв'язку між змінними $A3P_{S_{2-3}}$ та РЩКТ $N|TS$ у СВГ. Для пацієнтів МВГ та СВГ проведення регресійного аналізу із перевіркою можливості побудови лінійної моделі регресії для змінних $A3P_{S_{2-3}}$ та РЩКТ $N|TS$ стає можливим із урахуванням того, що розподіл цих змінних не відрізняється від нормального.

На рис. 6 представлено діаграми розсіювання та лінійні регресійні моделі взаємозв'язку змінних дефіциту торцевого змикання $A3P_{S_{2-3}}$ та РЩКТ $N|TS$ для пацієнтів МВГ та СВГ.

Таблиця 4.

Описова статистика показників РЩКТ ZZc, ZAc, Nc та TSc у MBГ та CBГ

Ділянка вимірювання	РЩКТ $M \pm SD, HU$	РЩКТ min—max, HU	РЩКТ 95%-й ДІ, HU
ZZc	1118 $\pm$ 218	633–1619	1049–1186
ZAc	1060 $\pm$ 256	609–1583	980–1140
Nc	1188 $\pm$ 218	835–1637	1120–1256
TSc	999 $\pm$ 195	586–1361	938–1059

Також отримані відповідні лінійні рівняння регресії щодо взаємозв'язку змінних дефіциту торцевого змикання $A3P_{S_{2-3}}$ та РЩКТ $N|TSc$ для пацієнтів MBГ та CBГ. Для MBГ рівняння лінійної регресії для змінних $A3P_{S_{2-3}}$ та РЩКТ $N|TSc$ має такий вигляд:

$$A3P_{S_{2-3}} = -0,0023 \times \text{РЩКТ } N|TSc + 4,03. \quad (19)$$

Відповідне значення коефіцієнта лінійної кореляції у MBГ становить 0,474 (на рівні значущості $p = 0,040$), що свідчить про наявність від'ємного помірного кореляційного зв'язку між $A3P_{S_{2-3}}$ та РЩКТ $N|TSc$.

Для CBГ рівняння лінійної регресії для змінних $A3P_{S_{2-3}}$ та РЩКТ $N|TSc$ набуває вигляду:

$$A3P_{S_{2-3}} = -0,0023 \times \text{РЩКТ } N|TSc + 4,23. \quad (20)$$

Відповідне значення коефіцієнта лінійної кореляції у CBГ становить 0,414 ($p = 0,049$), що свідчить про наявність від'ємного помірного (ближче до слабкого) кореляційного зв'язку між $A3P_{S_{2-3}}$ та РЩКТ $N|TSc$ практично на межі статистичної значущості.

Результати вимірювань РЩКТ в усіх парах визначених контрольних точок ZZS та ZZI, ZAS та ZAI, NS та NI, TSS та TSI в MBГ ($n = 19$) та CBГ ($n = 23$) пацієнтів із односторонніми ВНГП характеризуються достатньо високими показниками коефіцієнтів варіації значень ($VC = SD/M \times 100\%$).

VC РЩКТ варіюють від 17,1 до 30,6 % (95%-й ДІ 20,0–24,0). Проте введення відповідних середніх показників РЩКТ ZZc, ZAc, Nc та TSc дає можливість для проведення подальшого дослідження щодо виявлення особливостей впливу фактора віку на показники рентгенологічної щільності кісток лицевого черепа у пацієнтів із односторонніми ВНГП.

Віковий розподіл пацієнтів із односторонніми ВНГП ($n = 42$) за об'єднання даних обох груп MBГ ($n = 19$) та CBГ ($n = 23$) характеризується показниками центральної тенденції та інтервальної оцінки $9,3 \pm 3,3$ років (95%-й ДІ 8,2–10,3).

Описову статистику показників РЩКТ ZZc, ZAc, Nc та TSc (у одиницях HU) для обох груп пацієнтів представлено у **табл. 4**.

На **рис. 7** наведено діаграму розсіювання та поліноміальну регресійну модель другого ступеня щодо взаємозв'язку змінних РЩКТ ZZc та віку пацієнтів із односторонніми ВНГП ($n = 42$).

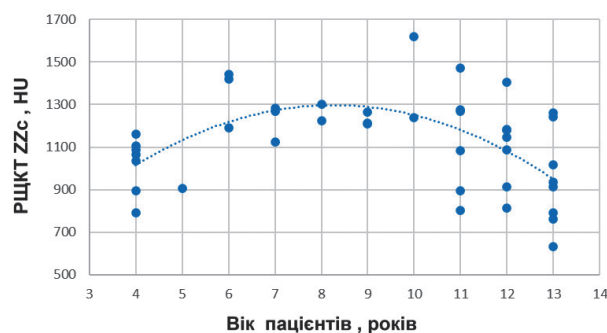


Рис. 7. Діаграма розсіювання та поліноміальна регресійна модель другого ступеня щодо взаємозв'язку змінних РЩКТ ZZc та віку пацієнтів із односторонніми ВНГП ($n = 42$).

Отримано квадратичне рівняння регресії щодо взаємозв'язку змінних РЩКТ ZZc та віку пацієнтів, яке описує ймовірний вплив фактора віку на варіабельність показників рентгенологічної щільності кісток лицевого черепа у пацієнтів із односторонніми ВНГП:

$$\text{РЩКТ } ZZc = -15,5 \times \text{Вік}^2 + 256,3 \times \text{Вік} + 238,8. \quad (21)$$

Відповідне значення коефіцієнта детермінації становить $R^2 = 0,319$, що умовно відповідає значенню коефіцієнта кореляції 0,565 і свідчить, що отримана регресійна модель, дійсно, слабкою мірою пояснює варіацію в залежній змінній РЩКТ ZZc від незалежної факторної змінної віку пацієнтів. Аналіз переставленого регресійного рівняння на екстремум виявив, що максимального значення РЩКТ ZZc досягає за значення змінної віку близько 8,3 року. Це дає підстави припускати, що в досліджуваній групі пацієнтів із односторонніми ВНГП ($n = 42$) величина РЩКТ ZZc зростає у віковому діапазоні від 4,5 до 8,3 року, після чого починає помірно зменшуватися. Виявлена можлива особливість впливу фактора віку на варіабельність показників РЩКТ у ділянці контрольних точок ZZ лицевого черепа у пацієнтів із односторонніми

ВНГП, враховуючи помірне значення коефіцієнта детермінації регресійної моделі, потребує подальшого дослідження.

На **рис. 8** представлено діаграму розсіювання та поліноміальну регресійну модель другого ступеня щодо взаємозв'язку змінних РЩКТ ZAc та віку пацієнтів із однобічними ВНГП ($n = 42$).

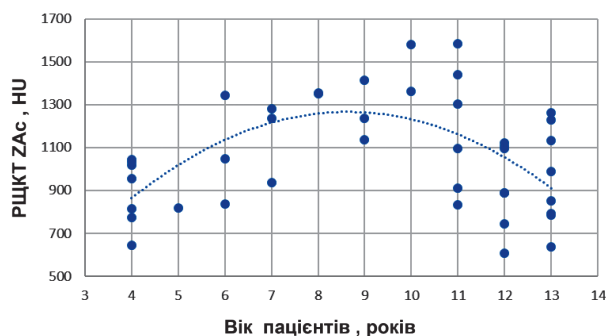


Рис. 8. Діаграма розсіювання та поліноміальна регресійна модель другого ступеня щодо взаємозв'язку змінних РЩКТ ZAc та віку пацієнтів із однобічними ВНГП ($n = 42$)

Також отримано квадратичне рівняння регресії щодо взаємозв'язку змінних РЩКТ ZAc (в одиницях HU) та віку пацієнтів:

$$\text{РЩКТ ZAc} = -18,7 \times \text{Вік}^2 + 323,9 \times \text{Вік} + 132,9. \quad (22)$$

У цьому випадку значення коефіцієнта детермінації становить $R^2 = 0,325$, що умовно відповідає значенню коефіцієнта кореляції 0,570 і свідчить, що отримана регресійна модель також слабкою мірою пояснює варіацію в залежній змінній РЩКТ ZAc від незалежної факторної змінної віку пацієнтів. Аналіз на екстремум показав, що максимального значення РЩКТ ZAc досягає за значення змінної віку близько 8,6 року. Це дає підстави припускати, що в досліджуваній групі пацієнтів із однобічними ВНГП ($n = 42$) величина РЩКТ ZAc зростає у віковому

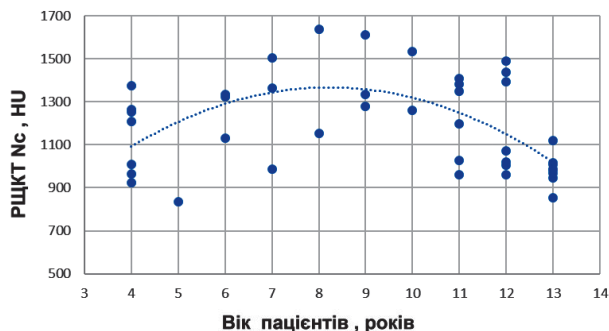


Рис. 9. Діаграма розсіювання та поліноміальна регресійна модель другого ступеня щодо взаємозв'язку змінних РЩКТ Nc (рентгенологічна щільність) та віку пацієнтів із однобічними ВНГП ($n = 42$).

діапазоні від 4,5 до 8,6 року, після чого починає помірно зменшуватися.

На **рис. 9** представлено діаграму розсіювання та поліноміальну регресійну модель другого ступеня щодо взаємозв'язку змінних РЩКТ Nc та віку пацієнтів із однобічними ВНГП ($n = 42$).

Як і в попередніх випадках із ZZc та ZAc, було отримано квадратичне рівняння регресії щодо взаємозв'язку змінних РЩКТ Nc (в одиницях HU) та віку пацієнтів:

$$\text{РЩКТ Nc} = -15,4 \times \text{Вік}^2 + 253,3 \times \text{Вік} + 325,1. \quad (23)$$

У цьому випадку значення коефіцієнта детермінації становить $R^2 = 0,317$, що умовно відповідає значенню коефіцієнта кореляції 0,563, є дуже близьким до випадків із ZZc та ZAc, а також свідчить, що отримана регресійна модель слабкою мірою пояснює варіацію в залежній змінній РЩКТ Nc від незалежної факторної змінної віку пацієнтів. Аналіз на екстремум показав, що максимального значення РЩКТ Nc досягає за значення змінної віку близько 8,2 року. Це дає підстави припускати, що в досліджуваній групі пацієнтів із однобічними ВНГП ($n = 42$) величина РЩКТ Nc зростає у віковому діапазоні від 4 років до приблизно 8,2 року, після чого починає помірно зменшуватися.

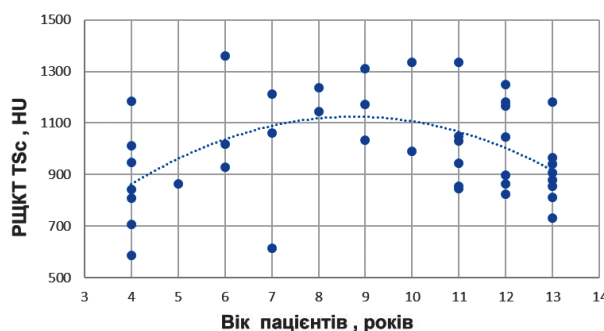


Рис. 10. Діаграма розсіювання та поліноміальна регресійна модель другого ступеня щодо взаємозв'язку змінних РЩКТ TSc та віку пацієнтів із однобічними ВНГП ($n = 42$).

Логічним завершенням проведеного аналізу для показників РЩКТ ZZc, ZAc, Nc та TSc є представлена на **рис. 10** діаграма розсіювання та поліноміальної регресійної моделі другого ступеня щодо взаємозв'язку змінних РЩКТ TSc та віку пацієнтів із однобічними ВНГП ($n = 42$).

Як і для попередніх показників РЩКТ ZZc, ZAc, Nc, для TSc також отримано квадратичне рівняння регресії щодо взаємозв'язку змінних РЩКТ TSc (в одиницях HU) та віку пацієнтів, яке описує ймовірний вплив фактора віку

на варіабельність показників рентгенологічної щільності кісток лицевого черепа у пацієнтів із ВНГП:

$$\text{РЩКТ } ZZc = -11,6 \times \text{Вік}^2 + 202,9 \times \text{Вік} + 236,2. \quad (24)$$

Відповідне значення коефіцієнта детермінації становить $R^2 = 0,218$, що умовно відповідає значенню коефіцієнта кореляції 0,467 і свідчить, що отримана регресійна модель можливо не пояснює або пояснює дуже слабкою мірою варіацію в залежній змінній РЩКТ TSc від незалежної факторної змінної віку пацієнтів. Аналіз представленої регресійної рівняння на екстремум показав, що максимального значення РЩКТ ZZc досягає за значення змінної віку близько 8,8 року. Це дає підстави припускати, що в досліджуваній групі пацієнтів із односторонніми ВНГП ($n = 42$) величина РЩКТ TSc зростає у віковому діапазоні від 4,5 до 8,8 року, після цього починає помірно зменшуватися.

Зважаючи на важливість змін у структурі кісткової тканини, що відбуваються у процесі адаптивного ремоделювання [1], визначення показників рентгенологічної щільності у дітей з односторонніми ВНГП із використанням КТ черепа з подальшою 3D-реконструкцією зображень [1, 2, 3–6] є важливим діагностичним критерієм під час планування хірургічних та ортодонтичних втручань [1].

Використання шкали Гаунсфілда [1, 2, 7–13] дало змогу кількісно оцінити ступінь морфологічних змін під час ЗЩД, поширених серед дітей із ВНГП [14–16], за змін анатомії, архітекτονіки, фізико-механічних та біологічних властивостей кісткової тканини на здоровому боці та боці незрощення.

Прогностичну значущість показників РЩКТ ЩЛД і статистичну значущість значень, які відповідають максимальному напруженню під дією ортодонтичних апаратів [17–20], доцільно враховувати для обрання тактики застосування ортодонтичних апаратів під час лікування ЗЩД у дітей із односторонніми ВНГП з метою запобігання виникнення ускладнень та оптимізування лікування.

Висновок

Вибір виду ортодонтичних конструкцій та режим їх активування під час лікування ЗЩД у дітей із односторонніми ВНГП обумовлений взаємозв'язком між РЩКТ лицевого черепа та їхніми біомеханічними властивостями, що відображається у показниках абсолютної зміни трансверзальних і сагітальних розмірів дефектів та незрощених фрагментів верхньої щелепи до та після ортодонтичного лікування пацієнтів із наявністю односторонніх ВНГП.

ЛІТЕРАТУРА/REFERENCES

1. Malanchuk, V. A., & Kopchak, A. V. (2013). Assessment of the quality of bone tissue of the facial skull and classification of its types based on biomechanical parameters. *Ukrainian Medical Journal*, 1(93) [Маланчук В. А., & Копчак А. В. (2013). Оцінка якості кісткової тканини лицевого відділу черепа та класифікація її типів на основі біомеханічних параметрів. *Український медичний часопис*, 1(93)]. URL: www.umj.com.ua/uk/publikatsia-46039-ocinka-yakosti-kistkovo-tkanini-licevogo-viddilulucherepa-ta-klasifikaciya-ii-tipiv-na-osnovi-biomexanichnix-parametriv [in Ukrainian].
2. Alsino, H. I., Hajeer, M. Y., Burhan, A. S., et al. (2022). The effectiveness of periodontally accelerated osteogenic orthodontics in accelerating tooth movement and supporting alveolar bone thickness during orthodontic treatment: a systematic review. *Cureus*, 14(5), e24985. DOI: <https://doi.org/10.7759/cureus.24985>.
3. Aljawad, H., Lim, H. J., & Lee, K. C. (2023). Anthropometric comparison of 3-dimensional facial scan taken with a low-cost facial scanner with cone-beam computed tomography scan. *J. Craniofac. Surg.*, 34(5), 1456–1458. DOI: <https://doi.org/10.1097/SCS.00000000000009076>.
4. Malanchuk, V. O., Kryshchuk, M. G., & Kopchak, A. V. (2013). *Simulation computer modeling in maxillofacial surgery*. Kyiv: Askania [Маланчук В. О., Кришчук М. Г., & Копчак А. В. (2013). *Імітаційне комп'ютерне моделювання в щелепно-лицевій хірургії*. Київ: Асканія]. [in Ukrainian].
5. Huang, H., Chen, D., Lippuner, K., & Hunziker, E. B. (2023). Human bone typing using quantitative cone-beam computed tomography. *Int. Dent. J.*, 73(2), 259–266. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.identj.2022.08.011>.
6. Gaur, A., Dhillon, M., Puri, N., et al. (2022). Questionable accuracy of CBCT in determining bone density: a comparative CBCT-CT in vitro study. *Dent. Med. Probl.*, 59(3), 413–419. DOI: <https://doi.org/10.17219/dmp/143504>.
7. Hounsfield scale. Wikipedia. URL: https://en.wikipedia.org/wiki/Hounsfield_scale.
8. Aydin Ozturk, P., Arac, E., Ozturk, U., & Arac, S. (2021). Estimation of bone mineral density with Hounsfield unit measurement. *Br. J. Neurosurg.*, 25, 1–4. DOI: <https://doi.org/10.1080/02688697.2021.1888877>.

9. Arvind, T. R. P., Jain, R. K., Nagi, R., & Tiwari, A. (2022). Evaluation of alveolar bone microstructure around impacted maxillary canines using fractal analysis in dravidian population: a retrospective CBCT study. *J. Contemp. Dent. Pract.*, 23(6), 593–600. DOI: <https://doi.org/10.5005/jp-journals-10024-3343>.
10. Chen, P. R., Lin, Y. C., Pai, B. C., et al. (2021). Progressive comparison of density assessment of alveolar bone graft in patients with unilateral and bilateral cleft. *J Clin Med.*, 10(21), 5143. DOI: <https://doi.org/10.3390/jcm10215143>.
11. Lakhtin, Y. V., Zviahin, S. M., & Karpez, L. M. (2021). The state of the optical density of the alveolar process of the jaws of rats in supraocclusive relationships of individual teeth in the age aspect. *Wiad Lek.*, 74(8), 1800–1803. DOI: <https://doi.org/10.36740/WLek202108104>.
12. Basheer, S., Thimmaiah, S., & Alle, R. (2020). Assessment of cervical vertebral bone mineral density in adolescents undergoing functional appliance treatment. *J. Contemp. Dent. Pract.*, 21(7), 756–759. DOI: <https://doi.org/10.5005/jp-journals-10024-2880>.
13. Gao, J., Nguyen, T., Oberoi, S., et al. (2021). The significance of utilizing a corticotomy on periodontal and orthodontic outcomes: a systematic review and meta-analysis. *Biology (Basel)*, 10(8), 803. DOI: <https://doi.org/10.3390/biology10080803>.
14. Yakovenko, L. M., Cherkasov, V. G., Chekhova, I. L., et al. (2022). *Surgical dentistry and maxillofacial surgery of children*. Kyiv: Medicine [Яковенко Л. М., Черкасов В. Г., Чехова І. Л., та ін. (2022). *Хірургічна стоматологія та щелепно-лицева хірургія дитячого віку*. Київ: Медицина]. [in Ukrainian].
15. Sharma, G. (2020). *Orthodontic management of cleft lip and palate patients*. Chapter 2. In: G. Ayse (Ed.). Current treatment of cleft lip and palate. UK: IntechOpen. DOI: <https://doi.org/10.5772/intechopen.90076>.
16. Melnyk, A., & Filonenko, V. (2023). *Clinical and Phonetic Features of Dentognathic Deformations, Their Orthodontic Treatment*. In: L. C. Ardelean & L.-C. C. Rusu (Eds.). Human Teeth — From Function to Esthetics. UK: IntechOpen (p. 315–333). DOI: <https://doi.org/10.5772/intechopen.109636>.
17. Elabbasy, E. H., Sabetb, N. E., Hassanc, I. T., et al. (2020). Bone-anchored maxillary protraction in patients with unilateral cleft lip and palate: is maxillary expansion mandatory? *Angle Orthodontist*, DOI: <https://doi.org/10.2319/091919-598.1>.
18. Garib, D., Yatabe, M., de Souza Faco, R. A., et al. (2018). Bone-anchored maxillary protraction in a patient with complete cleft lip and palate: A case report. *Am. J. Orthod. Dentofac. Orthop.*, 153, 290–297. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ajodo.2016.10.044>.
19. Lee, H., Nguyen, A., Hong, C., et al. (2016). Biomechanical effects of maxillary expansion on a patient with cleft palate: a finite element analysis. *Am. J. Orthod. Dentofac. Orthop.*, 150(2), 313–323. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ajodo.2015.12.029>.
20. Tong, H., Gao, F., Yin, J., et al. (2015). Three-dimensional quantitative evaluation of midfacial skeletal changes after trans-sutural distraction osteogenesis for midfacial hypoplasia in growing patients with cleft lip and palate. *J. Cranio-Maxillofac. Surg.*, 1–9. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jcms.2015.08.027>.

**Стаття надійшла до редакції 17.10.2025 р.,
прийнята до друку 20.12.2025 р.**

Як цитувати / How to cite:

Філоненко В. В. (2025). Прогностична значущість рентгенологічних показників щільності кісткових тканин щелепно-лицевої ділянки для обрання тактики застосування ортодонтних апаратів під час лікування зубощелепних деформацій у дітей із односторонніми вродженими незрощеннями губи та піднебіння. *Стоматологія. Медицина. Реабілітація*. 3–4(3): 17–29. DOI: <https://doi.org/10.64124/DMR-2025-3-4-3>

Filonenko, V. V. (2025). Prognostic Significance of Radiological Indices of Bone Density in the Maxillofacial Region for Choosing the Tactics of Using Orthodontic Appliances in the Treatment of Dentognathic Deformities in Children with Unilateral Congenital Cleft Lip and Palate. *Dentistry. Medicine. Rehabilitation*. 3–4(3): 17–29. DOI: <https://doi.org/10.64124/DMR-2025-3-4-3>