

DOI 10.11603/2311-9624.2024.2.14836

УДК 616.314-089.23:616.315.-007.254]-071:612.76

©В. В. Філоненко

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

e-mail: valeriifilonenko@gmail.com

Принципи ортодонтичного лікування пацієнтів із вродженими однобічними незрощеннями верхньої губи та піднебіння: біомеханічне обґрунтування

ІНФОРМАЦІЯ

Надійшла до редакції/Received:
10.06.2024 р.

Ключові слова: вади розвитку щелепно-лицевої ділянки; ортодонтичні апарати; концентрація напружень; рентгенологічна щільність; реабілітація.

АНОТАЦІЯ

Резюме. Лікування дітей із вродженими незрощеннями губи та піднебіння (ВНГП) починається від народження і триває до зрілого віку та вимагає мультидисциплінарного підходу. Кожен з етапів ортодонтичних втручань має певні особливості.

Мета дослідження – провести біомеханічне обґрунтування принципів ортодонтичного лікування пацієнтів з однобічними ВНГП.

Матеріали і методи. Проаналізовано міждисциплінарний підхід та наведено біомеханічне обґрунтування принципів ортодонтичного лікування 137 дітей (середній вік $9,3 \pm 4,2$ року) на прикладі пацієнта Р., який звернувся до клініки у віці 5 роки з діагнозом вродженого лівобічного наскрізного незрощення верхньої губи, альвеолярного відростка, твердого та м'якого піднебіння після хейло-ринопластики та велоластики.

Результати досліджень та їх обговорення. Комплексне діагностичне обстеження пацієнтів із ВНГП включало збір анамнезу, клінічні суб'єктивні та об'єктивні методи. Створено імітаційну та дискретну моделі для моделювання переміщень частин біомеханічної системи, що включала ортодонтичний апарат та верхню щелепу, при впливі кутових рухів на 360° . При цьому використано розраховані вектори сил з амплітудою 50 Н. Визначено рентгенологічну щільність (РЩ) компактного шару кісткової тканини при дії навантажень. Виявлено характерні особливості формування зубощелепних деформацій (ЗЩД) у пацієнтів із ВНГП та динаміку їх ортодонтичного лікування за допомогою морфометричних та антропометричних вимірів сканованих моделей щелеп.

Висновки. При лікуванні дітей із ВНГП важливим є дотримання скоординованого алгоритму реабілітації, успіх залежить від своєчасних та топографо-функціональних підготовлених хірургічних втручань і послідовної ортодонтичної корекції з визначенням закономірностей змін напружено-деформованого стану та величин деформаційних зміщень незрощених фрагментів верхньої щелепи.

Вступ. Вроджені незрощення губи та піднебіння (ВНГП) є однією із поширених вад розвитку щелепно-лицевої ділянки [1–3]. Лікування дітей із ВНГП починається від народження і триває до зрілого віку, вимагає мультидисциплінарного підходу, поетапних та скоординованих хірургічних та нехірургічних втручань. Через велику варіабельність анатомо-функціональних і клінічних проявів, суб'єктивне відношення пацієнтів із нерозумінням значущос-

ті та послідовності кожного з етапів реабілітації, факторів, що перешкоджають наданню якісної допомоги (епідемія COVID-19, війна) не завжди вдається знайти оптимальні шляхи вирішення проблем [3, 4].

Кожен з етапів ортодонтичних втручань має певні особливості, тривалість і важливість для досягнення позитивних анатомо-функціональних результатів [1, 2, 5]. Топографія деформованих структур м'яких тканин та верхньої

щелепи, наслідки перенесених хірургічних втручань, вік пацієнтів та їх психоемоційний стан створюють певні обмеження у застосуванні ортодонтичних конструкцій [6–8]. Клінічний ефект лікування визначають напруження і деформації, що виникають під дією апаратів у біологічних тканинах зубощелепного апарату (ЗЩА), спричиняючи адаптивну перебудову [9–13]. Ґрунтовне вивчення особливостей функціонування біомеханічних систем, що включають ортодонтичні конструкції та ЗЩА, в експериментально-теоретичних дослідженнях набуває особливого значення для досягнення оптимальних результатів реабілітації. Це дозволяє сформулювати принципи ортодонтичного лікування та його біомеханічне обґрунтування.

Метою дослідження було провести біомеханічне обґрунтування принципів ортодонтичного лікування пацієнтів з однібічними ВНГП.

Матеріали і методи. Проаналізовано міждисциплінарний підхід та наведено біомеханічне обґрунтування принципів ортодонтичного лікування 137 дітей (середній вік $(9,3 \pm 4,2)$ року) на прикладі пацієнта Р., чоловічої статі, який звернувся до Стоматологічного медичного центру, кафедри ортодонції та пропедевтики ортопедичної стоматології Національного медичного університету імені О. О. Богомольця у віці 5-ти років із діагнозом вродженого лівобічного наскрізного незрощення верхньої губи, альвеолярного відростка, твердого та м'якого піднебіння після двох етапів первинних хірургічних втручань (хейлоринопластики та велоластики). Діагностичне обстеження проведено відповідно до Карти обстеження пацієнта з ВНГП із ЗЩД [14]. З метою визначення оптимальних режимів активації ортодонтичних апаратів з активними елементами у вигляді гвинтів, встановлено закономірності змін напружено-деформованого стану та величин деформаційних зміщень незрощених фрагментів верхньої щелепи при силовому навантаженні в 50 Н. Проаналізовано показники РЩ кісткової тканини верхньої щелепи із використанням методу комп'ютерної томографії (КТ).

Батькам у повному обсязі надано інформацію про характер захворювання, особливості діагностики та лікування, а також дотримання конфіденційності при використанні персональної інформації, підписано інформаційні згоди.

Результати досліджень та їх обговорення. Комплексне діагностичне обстеження пацієн-

тів із ВНГП включає збір анамнезу захворювання і життя, клінічні суб'єктивні та об'єктивні методи. Для встановлення діагнозу, оцінки психічного та фізичного розвитку застосовують клінічні й параклінічні методи. Складання плану ортодонтичного лікування передбачає врахуванням етапності хірургічних втручань та мультидисциплінарного супроводу інших фахівців.

Встановлено, що 96,4 % пацієнтів ($n=132$) не мали повноцінного ортодонтичного прехірургічного супроводу. Обтураторами користувались лише 6,1% немовлят ($n=8$), системою «DynaCleft» окремо або разом із доопераційним назоальвеолярним молдингом (PNAM) або внутрішньоротовими пластинками – 11,4 % ($n=15$). Після хейлориноластики апаратами, спрямованими на нівелювання тиску зміненої губи, користувалось 6,6 % дітей ($n=9$), після велоластики ретенційними апаратами – 8,8 % ($n=12$).

При зборі анамнезу в пацієнта Р. відмічено скарги на порушення естетики, відкушування та пережовування їжі, фонетики, акцентовано увагу на деформацію та дефект верхнього зубного ряду. Підтверджено негенетичну причину вродженої вади. З боку ЛОР-органів скарги на порушення носового дихання, рясні слизові виділення з носа (проходять періодичне медикаментозне лікування). Прорізування зубів своєчасне (за винятком ділянки дефекту альвеолярного відростка).

Ортодонтичне лікування розпочато з перших днів життя. Користувались обтуратором, що забезпечило можливість природнього вигодовування до 4 місяців. Після хейлориноластики – функціональним апаратом за типом базису знімного протеза з пелотами у фронтальній ділянці. З 4 до 8 місяців – вигодовування змішане. Велоластику та пластику вуздечки верхньої губи проведено у 10 місяців, після чого близько року користувались ретенційним апаратом. Далі, з об'єктивних та суб'єктивних причин, ортодонтичне лікування було призупинено. Відсутність єдиного реєстру дітей із ВНГП не дозволяє відтворити повну картину ведення пацієнтів із перших днів життя, а недостатній рівень дохірургічної ортодонції та ортодонтичного супроводу під час первинних хірургічних втручань є однією з причин високої поширеності ЗЩД у старшому віці.

Під час об'єктивного обстеження діагностовано мілький присінок порожнини рота у фронтальній ділянці верхньої щелепи, діастаз фраг-

ментів у ділянці альвеолярного відростка близько 9 мм, незрощені фрагменти альвеолярного відростка зміщені по сагіталі та трансверзалі. Виявлено дефект твердого піднебіння з локалізацією у передній, середній та задній третинах. Функція м'якого піднебіння порушена, довжина вкорочена, м'язи задіяні при вимові звуку «А», наявні нормотрофічні рубці нижньої третини та девіація uvulae вправо. Зубна формула відповідає періоду тимчасового прикусу. Визначено місцеву гіпоплазію зубів. Діагностовано зміщення серединної лінії вправо. Прикус перехресний лівосторонній, з тенденцією до мезіального (рис. 1).

Найкращі результати ортодонтичного лікування пацієнтів із ВНГП вдається досягти у період піку росту верхньої щелепи (фронтальної та бічних ділянок піднебіння) та носоорбітального комплексу знімними та незнімними ортодонтичними апаратами. До проведення уранопластики лікування проводили з використанням знімних верхньощелепних міжщелепного типу дії апаратів з оклюзійними накладками, одним та двома гвинтами. Їх особливостями були секторальні розпили для переміщення окремих фрагментів щелепи.

Зважаючи на специфіку ЗЩД та анатомо-топографічні й функціональні особливості ЗЩА у пацієнтів із ВНГП, вивчення закономірностей змін напружено-деформованого стану та визначення величин деформаційних зміщень незрощених фрагментів щелепи при силовому навантаженні ортодонтичними конструкціями, є важливим для прогнозування стратегії лікування. Створено імітаційну та дискретну моделі з розрахованими векторами сил амплітудою 50 Н для моделювання переміщень частин біомеханічної системи, що включала ортодонтичний апарат та верхню щелепу, при впливі кутових рухів на 360° (один оберт гвинта). Дискретизацію елементів імітаційної моделі проведено в напівавтоматичному режимі програмного комплексу ANSYS 12.1 з викорис-



Рис. 1. Внутрішньоротове фото пацієнта Р. з лівобічними наскрізними вродженими незрощеннями губи та піднебіння.

танням 10-ти вузлових пірамідальних скінчених елементів (CE) SOLID187 з 731865 вузлами [15]. Встановлено величини еквівалентних напружень у кортикальній тканині кісток ЗЩА за Мізесом, МПа та напрямок переміщення вузлів системи. Максимальну концентрацію напружень виявлено на вилицевому відростку верхньої щелепи на рівні вилице-щелепного шва (Zyg-Zyg), на місці перетину компактних пластинок dna гайморової пазухи та вилице-альвеолярного гребня (Zyg-Alv), на місці з'єднання компактною пластинки горба верхньої щелепи та клиноподібної кістки (TS) здорового боку та боку незрощення й на кістковій перегородці носа у найбільш ввігнутій точці носолобного контрфорсу (N).

При розрахунку моделей встановлено, що через систему контрфорсів середньої зони обличчя силові навантаження від ортодонтичного апарату передавались на структурні елементи лицевого черепа. Величина еквівалентних напружень та деформації виявляється різною у ділянках моделі, що спричиняє різні за напрямком переміщення біомеханічної системи.

Межі концентрації напруження за Мізесом у ділянках його максимальної концентрації при модулі пружності кортикальної кістки 3500–8500 МПа при навантаженні у 50 Н представлено в таблиці 1.

Напруження виявлялися більшими на боці незрощення в околі малого фрагмента верхньої щелепи в 1,5 раза. При цьому відмічено перевагу на здоровому боці у ділянці Zyg-Alv. У ділянці кісткової перегородки носа та задньої третини твердого піднебіння переважали сили розтягу, носо-лобний та вилице-альвеолярний контрфорси більшою мірою зазнавали згину та зсуву. Встановлено, що якісно характер розподілу напружень і деформацій у дітей із ВНГП практично не залежить від жорсткості кортикального шару кісток ЗЩА.

Базуючись на коефіцієнтах ослаблення рентгенівського випромінювання, визначено щільність компактного шару кісткової тканини у ділянках максимальної концентрації напруження за Мізесом на здоровому боці та боці незрощення при дії навантажень в одиницях Гаунсфілда, HU [16] із застосуванням інструменту «Rectangle» програмного забезпечення для перегляду DICOM файлів «Horos». Min-Max показники РЩ вказано в таблиці 2.

Визначена мінеральна насиченість згідно з емпіричними залежностями між РЩ і модулем пружності у ділянках Zyg-Zyg, Zyg-Alv на

Таблиця 1. Напруження за Мізесом у ділянках його максимальної концентрації при модулі пружності кортикальної кістки 3500–8500 МПа за навантаження 50Н

Ділянки максимальної концентрації напружень		Модуль пружності кортикальної кістки		
		8500 МПа	5500 МПа	3500 МПа
Zyg-Zyg	Здоровий бік	6,7–9,5	4,1–6,1	2,7–3,8
	Бік незрощення	8,2–15,0	5,2–9,8	3,5–6,8
Zyg-Alv	Здоровий бік	12,6–15,7	9,6–11,5	6,2–8,1
	Бік незрощення	8,1–12,1	7,2–8,0	4,7–5,4
TS	Здоровий бік	12,7–17,8	8,2–11,8	5,2–8,2
	Бік незрощення	19,8–21,7	14,2–15,4	8,5–9,3
N		41,3–59,2	14,8–26,5	12,2–22,5

Таблиця 2. Показники рентгенологічної щільності компактного шару кісткової тканини у ділянках максимальної концентрації напруження за Мізесом

Ділянка максимальної концентрації напружень		Рентгенологічна щільність компактного шару кісткової тканини, Min-Max, HU
Zyg-Zyg	Здоровий бік	1405–1469
	Бік незрощення	1067–1161
Zyg-Alv	Здоровий бік	1232–1371
	Бік незрощення	1077–1219
TS	Здоровий бік	757–831
	Бік незрощення	655–785
N		1576–631

здоровому боці та N відповідає модулю пружності на рівні 6500–8999 МПа (нормальна кортикальна тканина із помірною мінеральною насиченістю). У ділянках Zyg-Zyg, Zyg-Alv на боці незрощення та TS з обох боків – модулю пружності на рівні 3500–6499 МПа (низькомінералізована пориста кортикальна кісткова тканина) [17]. РІЩ дозволяє характеризувати жорсткість і міцність кістки та розподілити величини силового впливу ортодонтичних апаратів. Активацію гвинта за таких умов до-

пустимо проводити на один оберт один раз на 2–3 дні при цілодобовому користуванні апаратом, але лікування вимагає подовженого ретенційного періоду.

Морфометричні та антропометричні виміри сканованих моделей щелеп [18, 19] з використанням програмного пакета для створення тривимірної комп'ютерної графіки «Blender» (рис. 2) дозволяють виявити особливості ЗЩД при ВНГП та динаміку ортодонтичного лікування (рис. 3), що представлено в таблицях 3, 4.

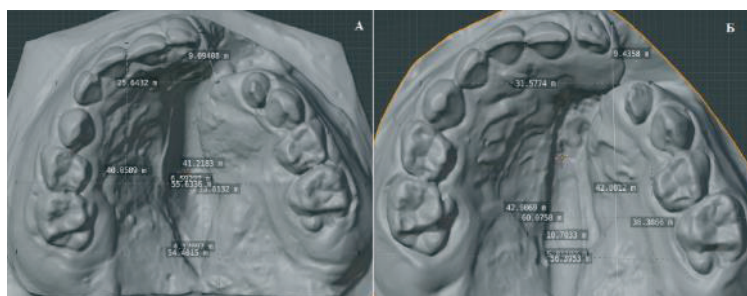


Рис. 2. Сканована модель верхньої щелепи пацієнта Р.: А) на початку ортодонтичного лікування; Б) перед проведенням уранопластики.



Рис. 3. Внутрішньоротове фото пацієнта Р. перед проведенням уранопластики.

Таблиця 3. Морфометричні параметри верхньої щелепи пацієнта Р. на початку ортодонтичного лікування та перед проведенням уранопластики

Параметри, мм*	B-S	1-1'	Db`-Ds`	2-2'	3"-3	S1	S2	S3	S2-3
До лікування	54,4	4,1	55,6	6,6	25,6	40,1	41,2	33,6	9,1
Після апарату 1	55,6	5,2	57,9	8,7	29,2	40,1	41,2	35,3	8,3
Після апарату 2	56,4	5,8	60,1	10,7	31,6	42,9	42,8	36,4	9,5

Примітка. * – B-S – трансверзальний розмір на межі твердого та м'якого піднебіння; 1-1' – трансверзальний розмір дефекту на межі твердого і м'якого піднебіння; Db`-Ds` – трансверзальний розмір у проекції дистальних поверхонь коронок 55 та 65 зубів; 2-2' – трансверзальний розмір у проекції дистальних поверхонь коронок 55 та 65 зубів; 3"-3 – трансверзальний розмір великого фрагмента та дефекту відповідно до лінії, що проходить від точки, що найбільш виступає на передньому краї малого фрагмента до перетину з дистальним краєм великого фрагмента, S1 – сагітальний розмір базисний; S2 – сагітальний розмір великого фрагмента; S3 – сагітальний розмір малого фрагмента; S3 – сагітальний розмір малого фрагмента щелепи; S 2-3 – дефіцит торцевого змикання.

Таблиця 4. Антропометричні параметри верхньої щелепи пацієнта Р. на початку ортодонтичного лікування та перед проведенням уранопластики

Параметри, мм*	Sag Front	C-C'	P1-P1'	P2-P2'
До лікування	28,9	29,4	35,3	41,6
Після апарату 1	28,9	32,7	37,7	42,1
Після апарату 2	31,8	35,2	38,9	42,8

Примітка. * – Sag Front – довжина зубного ряду в ділянці між зубами 11|21 – 14-24 (51|61 – 53-63); C-C' – ширина зубного ряду між зубами 13-23 (53-63); P1-P1' – ширина зубного ряду між зубами 14-24 (54-64); P2-P2' – ширина зубного ряду між зубами 15-25 (55-65).

Факторами впливу на надання ортодонтичної допомоги пацієнтам із ВНГП, які потребують тривалої та спланованої реабілітації, є екстремальні ситуації (техногенні катастрофи, епідемії, війна). Після уранопластики, проведеної наприкінці 2021 р., ретенційний ортодонтичний апарат не виготовлено. Через 9 місяців від початку повномасштабного вторгнення рф лікування було продовжено. Відмічено рецидив ЗЩД у вигляді звуження та вкорочення зубного ряду верхньої щелепи (зменшення B-S на 2,6 мм, 3`-3 – на 2,9 мм, S1 – на 5,3 мм, S2 – на 2,2 мм; Sag Front – на 5,0 мм, C-C' – на 5,7 мм, P1-P1' – на 3,0 мм, P2-P2' – на 2,2 мм).

Для подальшого лікування обрано незнімний верхньощелепний апарат, що складається з литого металевого бюгеля від других тимчасових молярів до ділянки різців на здоровому

боці, гвинта Хайрекс зі штангами для з'єднання з опорними елементами та оклюзійних накладок. Досягнуто позитивних анатомічних та морфометричних результатів (рис. 4, 5), що представлено в таблицях 5, 6.

Пацієнт залишається під наглядом, продовжує користуватися ортодонтичним апаратом для корекції серединної лінії. Наступним хірургічним етапом заплановано кісткову пластику дефекту альвеолярного відростка верхньої щелепи.

Поширеність ВНГП в Україні протягом останніх років залишається стабільною і коливається в межах від 0,091 до 0,1 % [20], що обґрунтовує необхідність посилення заходів із своєчасного виявлення та обліку дітей із зазначеними вадами, а діагностика та лікування вимагає постійного пошуку та впровадження



Рис. 4. Внутрішньоротове фото пацієнта Р. після зняття незнімного верхньощелепного апарату.



Рис. 5. Сканована модель верхньої щелепи пацієнта Р. на етапі: А) відновлення лікування; Б) після використання незнімного верхньощелепного апарату.

Таблиця 5. Морфометричні параметри верхньої щелепи пацієнта Р. на етапі відновлення лікування та після використання незнімного апарату

Параметри, мм*	B-S	Db`-Ds`	3`-3	S1	S2	S3	S2-3
Відновлення лікування	53,8	56	28,7	37,6	39,3	34,2	6,8
Після використання апарату	55,5	59,1	31,6	40,8	41,9	35,4	7,6

Таблиця 6. Антропометричні параметри верхньої щелепи пацієнта Р. на етапі відновлення лікування та після використання незнімного апарату

Параметри, мм*	Sag Front	C-C'	P1-P1'	P2-P2'
Відновлення лікування	26,8	29,5	35,9	40,6
Після використання апарату	29,9	32,5	38,1	41,7

нових методів. Різноманіття клінічних проявів патологічних прикусів потребує послідовності та етапності хірургічних операцій і ортодонтичної корекції, вчасної допомоги суміжних спеціалістів [3, 6, 7], адже на послідовність втручань впливають наявні супутні захворювання [21]. Прийнятного результату вдається досягти виключно при злагодженому механізмі поступовості у лікуванні кожним спеціалістом, що визначене у часі та об'ємі, за умови мотивації та розуміння етапів реабілітації батьками і, певною мірою, дитиною [22, 23].

Екстремальні умови спричинили особливо виражений вплив на стоматологічне здоров'я дітей, які мають отримувати тривалий і заздалегідь спланований курс лікування [9]. Пацієнти з ВНГП не мали змоги вчасної корекції ортодонтичних конструкцій, стикались з їх

поломками, не могли потрапити до клінік із метою виготовлення нових лікувальних чи ретенційних апаратів. Результатом був рецидив ЗЩД, що проявлявся у вигляді звуження та вкорочення зубного ряду.

Вивчення особливостей біомеханічної поведінки систем, що включають у себе ортодонтичну конструкцію та ЗЩА в експериментально-теоретичних дослідженнях, є основою якісної комплексної реабілітації пацієнтів. В основі досліджень покладено механіко-математичне моделювання [10–12] етапів ортодонтичного лікування ЗЩД. Зважаючи на важливість змін у структурі кісткової тканини, що відбуваються в процесі адаптивного ремоделювання, визначення показників РЩ у дітей із ВНГП і використанням КТ черепа з подальшою 3D-реконструкцією зображень, є важливим ді-

агностичним критерієм при плануванні хірургічних та ортодонтичних втручань. При цілодобовому користуванні апаратом за низької мінеральної насиченості кісток ЗЩА, можливості до їх перебудови є вищими, що дозволяє застосовувати більше сили із меншим ризиком негативних ефектів, але вимагає подовженого ретенційного періоду. Його відсутність призвела до рецидиву, що підтверджено результатами морфометричних та антропометричних вимірювань моделей щелепи.

З урахуванням анатомо-топографічних особливостей незрощень та ЗЩД, біомеханічного обґрунтування дії ортодонтичних конструкцій за умови послідовності й наступності кожного з етапів лікування, вбачається головне завдання комплексної реабілітації дітей із ВНГП, що полягає у запобіганні ортогнатохірургічних втручань, відсоток яких сягає від 14 до 75 % [24].

Успішне лікування пацієнтів із ВНГП вимагає командної роботи між хірургом, ортодонтом та іншими членами мультидисциплінарної команди з метою досягнення оптимальної зубо-лицевої естетики [25]. Для спрощення та покращення комплексної реабілітації доцільне створення єдиного реєстра дітей із ВНГП, що дозволить відтворювати повну картину ведення пацієнтів.

Висновки. При лікуванні дітей із ВНГП важливим є дотримання скоординованого алгоритму реабілітації, успіх залежить від своєчасних та топографо-функціональних підготовлених хірургічних втручань і послідовної ортодонтичної корекції з визначенням закономірностей змін напружено-деформованого стану та величин деформаційних зміщень незрощених фрагментів верхньої щелепи.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Cleft Lip and Palate Patients: Diagnosis and Treatment / L. Perillo, F. d'Apuzzo, S. Eslami, A. Jamilian // *Designing Strategies for Cleft Lip and Palate Care* / ed. by M. A. Almasri – UK: IntechOpen, 2017. DOI: 10.5772/67328.
2. Long-term treatment outcomes from the perspective of a patient with unilateral cleft lip and palate / P. Fowler, K. Ardouin, J. Haworth, L. Snape // *BMJ Case Rep.* – 2021. – Vol. 14 (12). – e246582. DOI: 10.1136/bcr-2021-246582.
3. Хірургічна стоматологія та щелепно-лицева хірургія дитячого віку : нац. підручник / Л. М. Яковенко, В. Г. Черкасов, І. Л. Чехова [та ін.]. – К. : Медицина, 2022. – 496 с.
4. Use of an esthetic overdenture as an alternative treatment in a patient with bilateral cleft lip and palate / D. Levy-Bercowski, A. Abreu, J. Londono, C. B. Haerberle // *J Prosthet Dent.* – 2019. – Vol. 121 (2). – P. 200–205. DOI: 10.1016/j.prosdent.2018.04.015.
5. Gillgrass T. The orthodontic management of patients with cleft lip and palate: from birth to the late mixed dentition / T. Gillgrass // *Br Dent J.* – 2023. – Vol. 234 (12). – P. 873–880. DOI: 10.1038/s41415-023-5955-x.
6. Sharma G. Orthodontic management of cleft lip and palate patients. / G. Sharma // *Current treatment of cleft lip and palate* / ed. by G. Ayşe – UK: IntechOpen, 2020. DOI: 10.5772/intechopen.90076.
7. Melnyk A. Clinical and phonetic features of dentognathic deformations, their orthodontic treatment. / A. Melnyk V. Filonenko // *Human teeth – from function to esthetics* / ed. by L. C. Ardelean, L.-C.C. Rusu. – UK: IntechOpen, 2023. DOI: 10.5772/intechopen.109636.
8. Effect of maxillary expansion and protraction on the oropharyngeal airway in individuals with nonsyndromic cleft palate with or without cleft lip / N. Alrejaye, J. Gao, D. Hatcher, S. Oberoi // *PLoS One.* – 2019. – Vol. 14 (7). – e0213328. DOI: 10.1371/journal.pone.0213328.
9. Проблеми комплексної реабілітації дітей з вродженими незрощеннями губи та піднебіння у період пандемії Covid-19 та запровадження воєнного стану, їх вплив на формування зубощелепних деформацій / В. В. Філоненко, О. А. Канюра, Н. В. Біденко [та ін.] // *Сучасна стоматологія.* – 2022. – № 5 (116). – С. 68–76. DOI: 10.33295/1992-576X-2023-5-68.
10. Bone-anchored maxillary protraction in a patient with complete cleft lip and palate / D. Garib, M. Yatabe, R. A. de Souza Faco [et al.] // *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* – 2018. – Vol. 153. – P. 290–297. DOI: 10.1016/j.ajodo.2016.10.044.
11. Biomechanical effects of maxillary expansion on a patient with cleft palate: A finite element analysis / H. Lee, A. Nguyen, C. Hong [et al.] // *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* – 2016. – Vol. 150 (2). – P. 313–323. DOI: 10.1016/j.ajodo.2015.12.029.
12. Three-dimensional quantitative evaluation of midfacial skeletal changes after trans-sutural distraction osteogenesis for midfacial hypoplasia in growing patients with cleft lip and palate / H. Tong, F. Gao, J. Yin [et al.] // *J of Cranio-Maxillo-Facial Surgery.* – 2015. – Vol. 43 (9). – P. 1749–1757. DOI: 10.1016/j.jcms.2015.08.027.
13. Bone-anchored maxillary protraction in patients with unilateral cleft lip and palate / E. H. Elabbassy, N. E. Sabet, I. T. Hassan [et al.] // *The Angle orthodontist.* – 2020. – Vol. 90 (4). – P. 539–547. DOI: 10.2319/091919-598.1.
14. Карта обстеження пацієнта з вродженими незрощеннями верхньої губи та піднебіння із зубощелепними деформаціями: літературний пись-

- мовий твір наукового характеру 98841, Україна / В. В. Філоненко, О. А. Канюра, Л. М. Яковенко, Н. В. Біденко, О. Б. Шафета ; опубл. 11.08.2020, Авторське право і суміжні права. – Бюл. № 60. – С. 207. Режим доступу: https://ukrpatent.org/atachs/BULETEN__Avt_Pravo__%E2%84%96_60-2020.pdf.
15. ANSYS structural analysis guide: ANSYS release12.1./ ANSYS, Inc.: is certified to ISO9001:2008. South pointe 275 TDC, PA15317; (T) 724-746-3304 (F) 724-514-9494. Available from: <http://www.ansys.com>.
16. Hounsfield scale. Wikipedia [Internet]. Available from: https://en.wikipedia.org/wiki/Hounsfield_scale [accessed 20 Sep 2023].
17. Маланчук В. А. Оцінка якості кісткової тканини лицевого відділу черепа та класифікація її типів на основі біомеханічних параметрів / В. А. Маланчук, А. В. Копчак // Український медичний часопис. – 2013. – № 1 (93). Режим доступу: <https://www.umj.com.ua/article/46039/ocinka-yakosti-kistkovo-tkanini-licevogo-viddilulu-cherepa-ta-klasifikaciya-ii-tipiv-na-osnovi-biomehanichnih-parametriv>.
18. Спосіб визначення трансверзальних розмірів дефекту та фрагментів верхньої щелепи у дітей при її незрощенні: літературний письмовий твір наукового характеру 104515, Україна / В. В. Філоненко, А. О. Мельник, О. Б. Шафета, Л. М. Яковенко; опубл. 12.05.2021, Авторське право і суміжні права. – Бюл. № 65. – С. 30. Режим доступу: <https://ukrpatent.org/uk/articles/bulletin-copyright>.
19. Спосіб визначення сагітальних розмірів фрагментів верхньої щелепи у дітей при її незрощенні: літературний письмовий твір наукового характеру 104516, Україна / В. В. Філоненко, А. О. Мельник, О. Б. Шафета, Л. М. Яковенко; опубл. 12.05.2021, Авторське право і суміжні права. – Бюл. № 65. – С. 31. Режим доступу: <https://ukrpatent.org/uk/articles/bulletin-copyright>.
20. Поширеність вроджених незрощень губи та піднебіння в Україні / В. В. Філоненко, О. А. Канюра, Б. І. Паламар, Н. В. Біденко // Український стоматологічний альманах. – 2023. – № 4. – С. 90–96. DOI: 10.31718/2409-0255.4.2023.15.
21. Яковенко Л. Супутня та стоматологічна захворюваність у дітей із вродженим незрощенням губи та піднебіння / Л. Яковенко, Н. Біденко, В. Єфименко // Вісник стоматології. – 2022. – № 2 (123). – С. 165–169. DOI: 10.35220/2078-8916-2023-48-2.29.
22. Cleft lip and palate in context: Learning from, and adding to, the sociological literature on long-term conditions / R. Abualfaraj, B. Daly, F. McDonald, S. Scambler // Health (London). – 2018. – Vol. 22 (4). – P. 372–388. DOI: 10.1177/1363459317693409.
23. Халецька В. М. Особливості лікування звуження верхньої щелепи в трансверзальній площині у дітей з повною розщипиною піднебіння: дис. ... канд. мед. наук : 14.01.22 – Стоматологія / Халецька Вікторія Миколаївна. – Дніпро, 2017. – 185 с. Режим доступу: <https://repo.knmu.edu.ua/handle/123456789/17283>.
24. Orthognathic surgery for patients with cleft lip and palate / A. A. Roy, M. A. Rtshiladze, K. Stevens, J. Phillips // Clin Plast Surg. – 2019. – Vol. 46 (2). – P. 157–171. DOI: 10.1016/j.cps.2018.11.002.
25. Parsaei Y. Orthodontics for unilateral and bilateral cleft deformities / Y. Parsaei, F. Uribe, D. Steinbacher // Oral Maxillofac Surg Clin North Am. – 2020. – Vol. 32 (2). – P. 297–307. DOI: 10.1016/j.coms.2020.01.011.

©V. V. Filonenko

Bogomolets National Medical University, Kyiv

Principles of orthodontic treatment of patients with congenital unilateral cleft upper lip and palate: biomechanical justification

Summary. Treatment of children with congenital cleft lip and palate (CLP) begins at birth and continues until adulthood, requiring a multidisciplinary approach. Each of the stages of orthodontic interventions has certain features.

The aim of the study – to conduct a biomechanical substantiation of the principles of orthodontic treatment of patients with unilateral CLP.

Materials and Methods. An interdisciplinary approach was analyzed and a biomechanical justification of the principles of orthodontic treatment of 137 children (average age (9.3±4.2) years) was given, using the example of patient P., who applied to the clinic at the age of 5 with a diagnosis of congenital left-sided cleft upper lip, alveolar process, hard and soft palate after cheilorhinoplasty and veloplasty.

Results and Discussion. A complex diagnostic examination of patients with CLP included collection of anamnesis, clinical subjective and objective methods. A simulated and discrete model was created to simulate the movements of parts of the biomechanical system, which included the orthodontic appliance and the upper jaw, from 360° angular movements. At the same time, calculated force vectors with an amplitude of 50 N were used. The X-ray density of the compact layer of bone tissue under the influence of loads was determined. Characteristic features of the formation of dentognathic deformities in patients with CLP and the dynamics

of their orthodontic treatment were revealed using morphometric and anthropometric measurements of scanned models of jaws.

Conclusions. In the treatment of children with CLP, it is important to follow a coordinated rehabilitation algorithm; success depends on timely and topographically and functionally prepared surgical interventions and consistent orthodontic correction with the determination of patterns of changes in the stress-strain state and the magnitude of deformation displacements of unfused fragments of the upper jaw.

Key words: developmental defects of the maxillofacial area; orthodontic appliances; stress concentration; X-ray density; rehabilitation.

REFERENCES

- Perillo, L., d'Apuzzo, F., Eslami, S., & Jamilian, A. (2017). Cleft Lip and Palate Patients: Diagnosis and Treatment. In: M.A. Almasri (Ed.), *Designing Strategies for Cleft Lip and Palate Care*. UK: IntechOpen. DOI: 10.5772/67328.
- Fowler, P., Ardouin, K., Haworth, J., & Snape, L. (2021). Long-term treatment outcomes from the perspective of a patient with unilateral cleft lip and palate. *BMJ case reports*, 14 (12), e246582. DOI: 10.1136/bcr-2021-246582.
- Yakovenko, L.M., Cherkasov, V.G., Chekhova, I.L., Yefymenko, V.P., Kyselova, N.V. ... Shafeta, O.B. (2022). *Khirurgichna stomatohiia ta shchelepno-lytseva khirurghiia dytiachoho viku [Surgical stomatology and maxillofacial surgery of childhood]*. Kyiv: Medytsyna [in Ukrainian].
- Levy-Bercowski, D., Abreu, A., Londono, J., & Haeberle, C. B. (2019). Use of an esthetic overdenture as an alternative treatment in a patient with bilateral cleft lip and palate. *The Journal of prosthetic dentistry*, 121 (2), 200-205. DOI: 10.1016/j.prosdent.2018.04.015.
- Gillgrass, T. (2023). The orthodontic management of patients with cleft lip and palate: from birth to the late mixed dentition. *British dental journal*, 234 (12), 873-80. DOI: 10.1038/s41415-023-5955-x.
- Sharma, G. (2020). Orthodontic management of cleft lip and palate patients. In: G. Ayşe (Ed.). *Current treatment of cleft lip and palate*. UK: IntechOpen. DOI: 10.5772/intechopen.90076.
- 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. DOI: 10.5772/intechopen.109636.
- Alrejaye, N., Gao, J., Hatcher, D., & Oberoi, S. (2019). Effect of maxillary expansion and protraction on the oropharyngeal airway in individuals with non-syndromic cleft palate with or without cleft lip. *PLoS One*, 14 (7), e0213328. DOI: 10.1371/journal.pone.0213328.
- Filonenko, V.V., Kaniura, O.A., Bidenko, N.V., Yefymenko, V.P., & Shpak, D.Iu. (2023). Problemy kompleksnoi reabilitatsii ditei z vrodzhenymy nezroshchenniamy huby ta pidnebinnia u period pandemii Covid-19 ta zaprovadzhennia voiennoho stanu, yikh vplyv na formuvannia zuboshchelepnykh deformatsii [Problems of comprehensive rehabilitation of children with congenital cleft lip and palate during the COVID-19 pandemic and the introduction of martial law, their influence on the formation of dentognathic deformities]. *Suchasna stomatohiia – Actual Dentistry*, 5 (116), 68-76. DOI: 10.33295/1992-576X-2023-5-68 [in Ukrainian].
- Garib, D., Yatabe, M., de Souza Faco, R.A., Gregorio, L., Cevidanes, L., & de Clercke, H. (2018). Bone-anchored maxillary protraction in a patient with complete cleft lip and palate. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*, 153, 290-97. DOI: 10.1016/j.ajodo.2016.10.044.
- Lee, H., Nguyen, A., Hong, C., Hoang, P., Pham, J., & Ting, K. (2016). Biomechanical effects of maxillary expansion on a patient with cleft palate: A finite element analysis. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*, 150 (2), 313-23. DOI: 10.1016/j.ajodo.2015.12.029.
- Tong, H., Gao, F., Yin, J., Shi, Z., Song, T., Li, H., Sun, X., Wang, Y., Yin, N., & Zhao, Z. (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 of Cranio-Maxillo-Facial Surgery*, 43 (9), 1749-57. DOI: 10.1016/j.jcms.2015.08.027.
- Elabbassy, E.H., Sabet, N.E., Hassan, I.T., Elghoul, D.H., & Elkassaby, M.A. (2020). Bone-anchored maxillary protraction in patients with unilateral cleft lip and palate. *The Angle orthodontist*, 90 (4), 539-47. DOI: 10.2319/091919-598.1.
- Filonenko, V.V., Kaniura, O.A., Yakovenko, L.M., Bidenko, N.V., & Shafeta, O.B. (2020). Karta obstezhennia patsiienta z vrodzhenymy nezroshchenniamy verkhnoi huby ta pidnebinnia iz zuboshchelepnyimi deformatsiiami [Card of examination of the patient patient with congenital cleft upper lip and palate with dentognathic deformities]. Date of registration 11.08.2020, 98841. *Avtorske pravo i sumizhni prava – Copyright and related rights*, Bulletin, 60. pp. 207. Retrieved from: https://ukrpatent.org/atachs/BULETEN__Avt_Pravo__%E2%84%96_60-2020.pdf [in Ukrainian].
- ANSYS structural analysis guide: ANSYS release12.1./ ANSYS, Inc.: is certified to ISO9001:2008. South pointe 275 TDC, PA15317; (T) 724-746-3304 (F) 724-514-9494. Retrieved from: <http://www.ansys.com>.
- Hounsfield scale. Wikipedia [Internet]. Retrieved from: https://en.wikipedia.org/wiki/Hounsfield_scale [accessed 20 Sep 2023].
- Malanchuk, V.O., & Kopchak, A.V. (2013). Otsinka yakosti kistkovoї tkanyny lytsevoho viddilu cherepa ta klasyfikatsiia yii typiv na osnovi biomekhanichnykh parametriv [Assessment of the quality of bone tissue of the facial skull and classification of its types based

- on biomechanical parameters]. *Ukrainskyi medychnyi chasopys – Ukrainian medical journal*, 1 (93). Retrieved from: <https://www.umj.com.ua/article/46039/ocinka-yakosti-kistkovo-tkanini-licevogo-viddilulucherepata-klasifikaciya-ii-tipiv-na-osnovi-biomexanichnix-parametriv> [in Ukrainian].
18. Filonenko, V.V., Melnyk, A.O., Shafeta, O.B., & Yakovenko, L.M. (2020). Sposib vyznachennia transversalnykh rozmiriv defektu ta frahmentiv verkhnoi shchelepy u ditei pry yii nezroshchenni [The method of determining the transverse dimensions of the defect and fragments of the upper jaw in children with cleft]. Date of registration 12.05.2021, No. 104515. *Avtorske pravo i sumizhni prava – Copyright and related rights*, Bulletin 65. 30. Retrieved from: <https://ukrpatent.org/uk/articles/bulletin-copyright> [in Ukrainian].
19. Filonenko, V.V., Melnyk, A.O., Shafeta, O.B., & Yakovenko, L.M. (2020). Sposib vyznachennia sahitalnykh rozmiriv frahmentiv verkhnoi shchelepy u ditei pry yii nezroshchenni [The method of determining the sagittal dimensions of the defect and fragments of the upper jaw in children with cleft]. Date of registration 12.05.2021, No. 104516. *Avtorske pravo i sumizhni prava – Copyright and related rights*, Bulletin 65. 31. Retrieved from: <https://ukrpatent.org/uk/articles/bulletin-copyright> [in Ukrainian].
20. Filonenko, V., Kaniura, O., Palamar, B., & Bidenko, N. (2023). Poshyrenist vrodzhenykh nezroshchen huby ta pidnebinnia v Ukraini [Prevalence of congenital cleft lip and palate in Ukraine]. *Ukrainskyi stomatolohichnyi almanakh – Ukrainian Dental Almanac*, 4, 90-96. DOI: 10.31718/2409-0255.4.2023.15 [in Ukrainian].
21. Yakovenko, L.M., Bidenko, N.V., & Yefymenko, V.P. (2023). Suputnia ta stomatolohichna zakhvoriuvanist u ditei iz vrodzhenym nezroshchenniam huby ta pidnebinnia [Associated and dental morbidity in children with CLP]. *Visnyk stomatolohii – Bulletin of Dentistry*, 2 (123), 165-169. DOI: 10.35220/2078-8916-2023-48-2.29. [in Ukrainian].
22. Abualfaraj, R., Daly, B., McDonald, F., & Scambler, S. (2018). Cleft lip and palate in context: Learning from, and adding to, the sociological literature on long-term conditions. *Health (London)*, 22 (4), 372-388. DOI: 10.1177/1363459317693409.
23. Khaletska, V.M. (2017). Osoblyvosti likuvannia zvuzhennia verkhnoi shchelepy v transversalnii ploshchyni u ditei z povnoiu rozshchylnoiu pidnebinnia [Features of treatment of narrowing of the upper jaw in the transverse plane in children with complete cleft palate]. (dys. ... kand. med. nauk: 14.01.22 – Stomatolohiia). Dnipro. 2017. 183 Retrieved from: <https://repo.knmu.edu.ua/handle/123456789/17283> [in Ukrainian].
24. Roy, A.A., Rtshiladze, M.A., Stevens, K., & Phillips, J. (2019). Orthognathic Surgery for Patients with Cleft Lip and Palate. *Clinics in plastic surgery*, 46 (2), 157-171. DOI: 10.1016/j.cps.2018.11.002.
25. Parsaei, Y., Uribe, F., & Steinbacher, D. (2020). Orthodontics for Unilateral and Bilateral Cleft Deformities. *Oral and maxillofacial surgery clinics of North America*, 32 (2), 297-307. DOI: 10.1016/j.coms.2020.01.011.