

Том 1 | № 1 | 2024

Archive of Ophthalmology and Maxillofacial Surgery of Ukraine

Архів офтальмології та
щелепно-лицевої хірургії України



ВЖЕ У ПРОДАЖУ!

ПРОЧИТАЙ
ТА ПРАЦЮЙ
СПОКІЙНО

О. СІДЕЛКОВСЬКИЙ

ЮРИДИЧНА
ГІГІЄНА
МЕДИЧНИХ
ПРАЦІВНИКІВ

КЛІНІКА СУЧАСНОЇ НЕВРОЛОГІЇ "АКСІМЕД"

AKSIMED.UA



(044) 390-0055

Національний медичний університет імені О.О. Богомольця

Громадська організація «Асоціація дитячих офтальмологів та оптометристів України»

Громадська організація «Асоціація фахівців з офтальмопластики та очного протезування»

Archive of Ophthalmology and Maxillofacial Surgery of Ukraine

Архів офтальмології
та щелепно-лицевої хірургії України

Archive of Ophthalmology
and Maxillofacial Surgery of Ukraine

Спеціалізований рецензований науково-практичний журнал

Засновано у вересні 2023 року

Періодичність виходу: 4 рази на рік

Том 1, № 1, 2024



Archive of Ophthalmology and Maxillofacial Surgery of Ukraine

Спеціалізований рецензований
науково-практичний журнал

Том 1, № 1, 2024



Засновник

Національний медичний університет
імені О.О. Богомольця

Співзасновники:

Громадська організація «Асоціація дитячих
офтальмологів та оптометристів України»

Громадська організація «Асоціація фахівців
з офтальмопластики та очного протезування»

Адреса редакції:

б-р Тараса Шевченка, 13, каб. 105,
м. Київ, 01601, Україна

<https://maxopht.zaslavsky.com.ua>
www.mif-ua.com

Електронні адреси для звертань:

З питань публікації статей maxopht@nmu.ua

З питань розміщення реклами та інформації
про лікарські засоби v_iliyana@ukr.net

Рестрація: ідентифікатор медіа R30-01262. Рішення Націо-
нальної ради України з питань телебачення та радіомовлення
№ 870 від 14.09.2023, № 2753 від 26.09.2024

Українською та англійською мовами

Формат: 60×84/8. Ум. друк. арк. 7,44
Зам. 2024-aomsu-1.

Видавець Заславський О.Ю.
zaslavsky@i.ua

Свідоцтво суб'єкта видавничої справи
ДК № 2128 від 13.05.2005

Друк: ТОВ «Ландпрес»

Головний редактор

Риков Сергій Олександрович
(Київ, Україна)

Заступник головного редактора
Копчак Андрій Володимирович
(Київ, Україна)

Відповідальний секретар
Паливода Роман Станіславович
(Київ, Україна)

Редакційна колегія

За напрямком «Щелепно-лицева хірургія»

Аветіков Д.С. (Полтава, Україна)
Астапенко О.О. (Київ, Україна)
Варес Я.Е. (Львів, Україна)
Варжапетян С.Д. (Запоріжжя, Україна)
Гудар'ян О.О. (Дніпро, Україна)
Кравець О.В. (Київ, Україна)
Матрос-Таранець І.М. (Дніпро, Україна)
Мищенко О.М. (Запоріжжя, Україна)
Нагірний Я.П. (Тернопіль, Україна)
Поліщук С.С. (Вінниця, Україна)
Чепурний Ю.В. (Київ, Україна)
Чопчик В.Д. (Київ, Україна)
Boffano Paolo (Amsterdam, Netherlands)
Dowgierd Krzysztof (Olsztyn, Poland)
Forouzanfar Tymour (Amsterdam, Netherlands)
Khonsari Roman Hossein (Paris, France)
Kozakiewicz Marcin (Łódź, Poland)
Mesimäki Karri (Helsinki, Finland)
Suharschi Ilie (Chişinău, Republic of Moldova)
Snäll Johanna (Helsinki, Finland)
Testelin Sylvie (Amiens, France)

За напрямком «Офтальмологія»

Барінов Ю.В. (Київ, Україна)
Бездітко П.А. (Харків, Україна)
Венгер Л.В. (Одеса, Україна)
Гудзь А.С. (Львів, Україна)
Дуфинець В.А. (Мукачево, Україна)
Жабоедов Д.Г. (Київ, Україна)
Жмурик Д.В. (Київ, Україна)
Карлійчук М.А. (Чернівці, Україна)
Петренко О.В. (Київ, Україна)
Скрипник Р.Л. (Київ, Україна)
Ульянова Н.А. (Одеса, Україна)
Шаргородська І.В. (Київ, Україна)
Hjortdal Jesper (Aarhus, Denmark)
Nessim Maged (Birmingham, Great Britain)

Редакція не завжди поділяє думку автора публікації. Відповідальність за вірогідність фактів, власних імен та іншої інформації, використаної в публікації, несе автор. Передрук та інше відтворення в якій-небудь формі в цілому або частково статей, ілюстрацій або інших матеріалів дозволені тільки при попередній письмовій згоді редакції та з обов'язковим посиланням на джерело. Усі права захищені.

© Національний медичний університет імені О.О. Богомольця, 2024
© Громадська організація «Асоціація дитячих офтальмологів та оптометристів України», 2024
© Громадська організація «Асоціація фахівців з офтальмопластики та очного протезування», 2024
© Заславський О.Ю., 2024

Archive of Ophthalmology and Maxillofacial Surgery of Ukraine

*Specialized reviewed
practical scientific journal*

Volume 1, № 1, 2024



Founders

Bogomolets
National Medical University

Co-founders:

Public organization “Association of pediatric
ophthalmologists and optometrists”

Public organization “Association of specialists
of ophthalmoplasty and ocular prosthetics”

Editorial office address:

blvd. Tarasa Shevchenko, 13, room 105,
Kyiv, 01601, Ukraine

<https://maxopht.zaslavsky.com.ua>
www.mif-ua.com

Correspondence e-mails:

Department of publishing article maxopht@nmu.ua

Advertising and Drug

Promotion Department v_iliyna@ukr.net

*Registration: Media identifier R30-01262. Decision of the National
Council of Ukraine on Television and Radio Broadcasting No 870
dated 14.09.2023, No. 2753 dated September 26, 2024.*

In Ukrainian and English

Folio 60×84/8. Printer's sheet 7,44

Order 2024-aomsu-1.

Publisher Zaslavsky O.Yu.
zaslavsky@i.ua

Publishing entity certificate
ДК № 2128 dated 13.05.2005

Print: Landpress Ltd.

Editor-in-Chief

Serhiy Rykov
(Kyiv, Ukraine)

Deputy Editor

Andrii Kopchak
(Kyiv, Ukraine)

Executive Secretary

Roman Palyvoda
(Kyiv, Ukraine)

Editorial Board

Maxillofacial Surgery

Astapenko O.O. (Kyiv, Ukraine)
Avetikov D.S. (Poltava, Ukraine)
Chepurnyi Y.V. (Kyiv, Ukraine)
Chopchik V.D. (Kyiv, Ukraine)
Gudarian O.O. (Dnipro, Ukraine)
Kravets O.V. (Kyiv, Ukraine)
Matros-Taranets I.M. (Dnipro, Ukraine)
Mishchenko O.N. (Zaporizhzhia, Ukraine)
Nahirnyi Y.P. (Ternopil, Ukraine)
Polishchuk S.S. (Vinnytsia, Ukraine)
Vares Y.E. (Lviv, Ukraine)
Varzhapetian S.D. (Zaporizhzhia, Ukraine)
Boffano Paolo (Amsterdam, Netherlands)
Dowgierd Krzysztof (Olsztyn, Poland)
Forouzanfar Tymour (Amsterdam, Netherlands)
Khonsari Roman Hossein (Paris, France)
Kozakiewicz Marcin (Łódź, Poland)
Mesimäki Karri (Helsinki, Finland)
Suharschi Ilie (Chişinău, Republic of Moldova)
Snäll Johanna (Helsinki, Finland)
Testelin Sylvie (Amiens, France)

Ophthalmology

Barinov Y.V. (Kyiv, Ukraine)
Bezdiitko P.A. (Kharkiv, Ukraine)
Dufynets V.A. (Mukachevo, Ukraine)
Hudz A.S. (Lviv, Ukraine)
Karliychuk M.A. (Chernivtsi, Ukraine)
Petrenko O.V. (Kyiv, Ukraine)
Sharhorodska I.V. (Kyiv, Ukraine)
Skrypnyk R.L. (Kyiv, Ukraine)
Ulianova N.A. (Odesa, Ukraine)
Wenger L.V. (Odesa, Ukraine)
Zhaboiedov D.G. (Kyiv, Ukraine)
Zhmuryk D.V. (Kyiv, Ukraine)
Hjortdal Jesper (Aarhus, Denmark)
Nessim Maged (Birmingham, Great Britain)

The editorial board not always shares the author's opinion. The author is responsible for the significance of the facts, proper names and other information used in the paper. No part of this publication, pictures or other materials may be reproduced or transmitted in any form or by any means without permission in writing form with reference to the original. All rights reserved.

© Bogomolets National Medical University, 2024
© Public organization “Association of pediatric ophthalmologists and optometrists”, 2024
© Public organization “Association of specialists of ophthalmoplasty and ocular prosthetics”, 2024
© Zaslavsky O.Yu., 2024

Зміст

Contents

Сторінка редактора

Звернення головного редактора 6

Оригінальні дослідження

Романова А.Ю., Крищук М.Г.
Особливості напружено-деформованого стану системи «фіксатор — кістка» при остеосинтезі нижньої щелепи в ділянці кута фіксаторами з β -Zr-Ti-Nb сплаву 7

Іванченко А.Ю., Безкоровайна І.М.
Аналіз морфофункціональних змін сітківки після вітректомії у пацієнтів з регматогенним відшаруванням 14

Лікарю, що практикує

Голубченко О., Плавський П., Волощук О., Гаркуша А., Колодка І., Школьнік С., Копчак А., Павличук Т., Khonsari R.H.
Перше в Україні лобно-лицеве висування моноблоком: розвиток краніофасціальної хірургії в лікарні «ОХМАТДИТ» (Київ) 18

Венгер Л.В., Коновалова Н.В., Іваницька О.В., Храменко Н.І., Гузун О.В., Журавок Ю.О.
Клінічний випадок morning glory syndrome 31

Пономаренко Ю.В., Гарляускайте І.Ю., Безкоровайна Л.П.
Топічна діагностика орофасціального болю (клінічний випадок) 38

Сердюк В.М., Сакович В.М., Устименко С.Б., Волок С.І., Клопоцька Н.Г.
Внесок офтальмологічної школи Дніпропетровщини в розвиток кератопластики в Україні 43

Огляд

Кривомський К., Мілещенко А., Бричко Т.
Чи можлива повна заміна традиційних цефалометричних аналізів 3D-цефалометрією на основі штучного інтелекту в найближчому майбутньому? (Систематичний огляд) 48

Конгреси. Симпозіуми. Школи

I Міжнародна науково-практична конференція «ORBIT Ukraine 2024»: обмін досвідом і найближчі перспективи (короткий огляд) 59

Editor's Page

Appeal of editor-in-chief 6

Original Researches

A.Yu. Romanova, M.H. Kryshchuk
Features of the stress-strain state of the fixator-bone system in mandibular angle osteosynthesis with devices made of β -Zr-Ti-Nb alloy 7

A.Y. Ivanchenko, I.M. Bezkorovayna
Analysis of morphological and functional changes in the retina after vitrectomy in patients with rhegmatogenous detachment 14

Practicing Physician

O. Holubchenko, P. Plavskiy, O. Voloshchuk, A. Garkusha, I. Kolodka, S. Shkolnyi, A. Kopchak, T. Pavlychuk, R.H. Khonsari
The first fronto-facial monobloc advancement in Ukraine: developing craniofacial surgery in OHMATDYT hospital (Kyiv) 18

L.V. Venger, N.V. Konovalova, O.V. Ivanytska, N.I. Khramenko, O.V. Guzun, Yu.O. Zhuravok
Clinical case of morning glory syndrome 31

Yu.V. Ponomarenko, I.Yu. Garlyauskaitė, L.P. Bezkorovaina
Topographic diagnosis of orofacial pain (clinical case) 38

V.M. Serdiuk, V.M. Sakovych, S.B. Ustimenko, S.I. Volok, N.G. Klopotska
Contribution of the Dnipropetrovsk region ophthalmology school to the development of keratoplasty in Ukraine 43

Review

K. Krymovskyy, A. Mileschenko, T. Brychko
Is it possible to completely replace traditional cephalometric analyses with 3D cephalometrics based on artificial intelligence shortly? (Systematic review) 48

Congresses. Symposia. Schools

1st International scientific and practical conference "ORBIT Ukraine 2024": exchange of experience and nearest prospects (brief overview) 59

ЛОТЕП

лотепреднолу етабонат 0,5% + тобраміцин 0,3%

**ОРИГІНАЛЬНА КОМБІНАЦІЯ ЛОТЕПРЕДНОЛУ ТА ТОБРАМІЦИНУ
ДЛЯ ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ТА БЕЗПЕКИ ЛІКУВАННЯ
ЗАПАЛЬНИХ ЗАХВОРЮВАНЬ ПЕРЕДНЬОГО ВІДРІЗКА ОКА**



- Оригінальна комбінація лотепреднолу етабонату 0,5% та тобраміцину 0,3%¹
- Чинить високу протизапальну та протимікробну дію²⁻⁴
- Покращує профіль безпеки та переносимість при лікуванні запальних захворювань переднього відрізка ока^{4,5}
- Можливість застосування у дітей від 0 років³

1. За даними Державного реєстру лікарських засобів України, 12.2023. Доступ: <http://www.drlez.com.ua/>. 2. Timothy L. Comstock & Heleen H. DeCory (2017) Loteprednol Etabonate 0,5%/Tobramycin 0,3% Compared with Dexamethasone 0,1%/Tobramycin 0,3% for the Treatment of Blepharitis, Ocular Immunology and Inflammation. – V. 25:2. – P. 267-274. DOI:10.3109/09273948.2015.1115879. 3. Інструкція для медичного застосування лікарського засобу Лотеп, крапли очні, суспензія, 0,5%/0,3%, 5 мл, Р.П. № UA/18426/01/01. 4. Timothy L. Comstock & John D. Sheppard (2018) Loteprednol etabonate for inflammatory conditions of the anterior segment of the eye: twenty years of clinical experience with a retrometabolically designed corticosteroid, Expert Opinion on Pharmacotherapy. – V. 19:4. – P. 337-353. DOI: 10.1080/14656566.2018.1439920. 5. Bartlett J.D., Holland E.J., Usner D.W., Paterno M.R., Comstock T.L. Tolerability of loteprednol/tobramycin versus dexamethasone/tobramycin in healthy volunteers: results of a 4-week, randomized, double-masked, parallel-group study. Curr Med Res Opin. – 2008. – V. 24. – P. 2219-2227. doi: 10.1185/03007990802231981.

Лотеп, крапли очні, суспензія. Р.П. МОЗ України: № UA/18426/01/01. Повна інформація про лікарський засіб міститься в інструкції для медичного застосування. Інформація для професійної діяльності медичних та фармацевтичних працівників, призначена для розміщення у спеціалізованих виданнях, розповсюдження на візитах та заходах з медичної тематики. ТОВ «БАУШ ХЕЛС»: 01103, м. Київ, вул. Професора Підвисоцького, 6-В. Тел.: (044) 459-04-84. RAF № LOT-UA2401-002-01. Затверджено до друку 01.2024.

BAUSCH + LOMB

Шановні колеги!

Маємо за честь презентувати вам ПЕРШИЙ в Україні журнал «Архів офтальмології та щелепно-лицевої хірургії України».

Професійне науково-практичне видання є платформою для щелепно-лицевих хірургів, офтальмологів, офтальмохірургів, дитячих офтальмологів і оптометристів. Його завдання — висвітлення розвитку спеціальностей, публікація новітніх розробок, відображення досвіду застосування технологій у сферах рефракційної та катарактальної хірургії, глаукоми, реконструктивно-відновної та пластичної хірургії, очного протезування, лікування патологій голови та шиї, нейроофтальмології та оптометрії.

Журнал зібрав команду однодумців і професіоналів, не лише вітчизняних, але й закордонних спеціалістів, які реалізували себе в різних напрямках щелепно-лицевої хірургії та офтальмології. Міжнародні контакти, напрацьовані роками спільних проектів і гуманітарних місій, посилять потужну наукову базу і рецензованість журналу, дозволять популяризувати наукові дослідження на широкий загал і каталізувати розвиток спеціальностей.

Наукове видання «Архів офтальмології та щелепно-лицевої хірургії України» — це відповідь на виклик сучасної медицини та сфери професійної діяльності. Це застосування комплексних міждисциплінарних підходів, надання можливостей ефективної науково-практичної взаємодії.

Поєднання в одному журналі робіт офтальмологів і щелепно-лицевих хірургів обґрунтоване як анатомічними передумовами (розглядаються захворювання й травми органів голови та шиї), так і досвідом тривалої та продуктивної колаборації фахівців (проведення широкого спектра симультанних втручань, розгляд складних клінічних випадків).

Кон'юнктура наукової сфери постійно змінюється і потребує своєчасного інформаційного забезпечення й інформування. І однією з головних цілей журналу є надання унікальних клінічних кейсів. У цьому й полягає необхідність існування даної наукової платформи.

Триває війна в Україні... І проблеми травм у військовий час актуальні як ніколи. Кількість поранень серед цивільного населення і військовослужбовців Сил оборони постійно збільшується. За даними літератури, у структурі бойової травми понад 32 % поранень припадає на ділянку голови. Тривалий процес лікування, тяжкі наслідки, навіть інвалідизація, потребують науково обґрунтованих алгоритмів надання



допомоги й супроводу. Гостро постає питання реабілітації, ектопротезування, реконструктивних операцій і відновлення якості життя.

Вузькопрофільність такого проекту — це ще один крок до того, аби сфокусуватися, привернути увагу зацікавлених спеціалістів і мотивованих авторів.

Віriamo, що спільними зусиллями цей журнал стане платформою ефективної науково-практичної взаємодії та комплексних міждисциплінарних підходів. Матеріали матимуть високу наукову й навчальну цінність і будуть цікавими й корисними.

Запрошуємо вас долучатися як авторів, спонсорів, рецензентів, експертів. Нам важлива ваша об'єктивна думка і підтримка.

Чекаємо на ваші наукові роботи за адресою: <mailto:maxopht@nmu.ua>.

Разом — сильніше, працюємо лише на результат! До редакційної колеги журналу увійшли 34 науковці з України та шести країн світу.

*З повагою,
член-кореспондент НАМН України,
професор Сергій РИКОВ* ■

Романова А.Ю.¹, Крищук М.Г.²¹ Національний медичний університет імені О.О. Богомольця, м. Київ, Україна² Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського», м. Київ, Україна

Особливості напружено-деформованого стану системи «фіксатор — кістка» при остеосинтезі нижньої щелепи в ділянці кута фіксаторами з β -Zr-Ti-Nb сплаву

Резюме. Актуальність. Переломи на ділянці кута нижньої щелепи, за даними більшості досліджень, є поширеним видом перелому, що асоціюється з найбільшою кількістю ускладнень, зокрема розвитком інфекції, уповільненням консолидації уламків та їх неправильним зрощенням, що має вторинні наслідки. **Мета:** порівняти вплив традиційних титанових фіксаторів для остеосинтезу нижньої щелепи і пластин з нового β -Zr-Ti-Nb сплаву на розподіл напружень і деформацій в елементах фіксації та кістковій тканині залежно від ступеня зрілості кісткового регенерату в ділянці кута нижньої щелепи. **Матеріали та методи.** Вивчення біомеханічної поведінки систем «фіксатор — кістка» при переломах у ділянці кута нижньої щелепи із застосуванням фіксаторів з різних матеріалів проводили в модельному експерименті, використовуючи метод імітаційного комп'ютерного моделювання. Було створено й обраховано 6 багатоконпонентних імітаційних комп'ютерних моделей зі змінними параметрами (моделі нижньої щелепи, накісткових пластин і гвинтів). Варіативними параметрами були механічні властивості елементів фіксації, що відповідали традиційному титановому сплаву Ti6Al4V (контроль) або β -Zr-Ti-Nb сплаву (основна група). Фізико-механічні параметри кісткового регенерату в моделях також змінювали, надаючи їм властивостей, притаманних: 1) незрілому фіброзно-кістковому регенерату; 2) регенерату з грубоволокнистої (ретиколофіброзної) кісткової тканини; 3) кістковому регенерату з ознаками компактизації. **Результати.** При застосуванні пластин з β -Zr-Ti-Nb сплаву на ділянці кута нижньої щелепи деформація системи, що характеризує стабільність фіксації, практично не відрізнялась від показників контрольної групи. Натомість розподіл напружень у системі між елементами фіксації та кістковою тканиною в зоні зрощення був більш рівномірним. Максимальні напруження в пластині в міру дозрівання регенерату зменшувались з 83,7 до 26,2 МПа і виявлялися в 1,5–2,5 рази меншими, ніж у контролі. **Висновки.** Проведені дослідження виявили низку біомеханічних переваг β -Zr-Ti-Nb пластин, що при правильному розташуванні дозволяють забезпечити необхідну жорсткість фіксації і водночас більшу міцність і надійність системи «фіксатор — кістка», а також наблизити розподіл функціональних навантажень у зоні кісткового зрощення до природного, притаманного ділянці кута нижньої щелепи.

Ключові слова: остеосинтез; імітаційне комп'ютерне моделювання; нові сплави; β -Zr-Ti-Nb сплав

Вступ

Переломи на ділянці кута нижньої щелепи (НЩ), за даними більшості досліджень, є поширеним видом перелому, що асоціюється з найбільшою кількістю ускладнень, таких як розвиток інфекції, уповільнення консолидації, неправильне зрощення, порушення прикусу, частота яких варіює від 0 до 32 % [1–4]. Золотим

стандартом лікування переломів НЩ на сьогодні є відкрита репозиція та внутрішня фіксація з використанням титанових накісткових мініпластин і гвинтів [5, 6]. Одним із шляхів поліпшення результатів лікування і зменшення післяопераційних ускладнень є удосконалення фіксаторів, у тому числі за рахунок матеріалів з покращеними властивостями. Перспективним

сучасним напрямком удосконалення фіксаторів для остеосинтезу й уникнення негативних біомеханічних ефектів, притаманних титановим сплавам, є створення низькомодульних сплавів (у тому числі на основі цирконію) для потреб хірургії, ортопедії та травматології та удосконалення технології їх обробки [7]. Так, в Інституті металофізики ім. Г.В. Курдюмова НАН України було створено новий β -51Zr31Ti18Nb сплав, жорсткість якого є в 2,3 раза меншою, ніж у традиційних титанових сплавів, а циклічна міцність більша майже в 1,5 раза [8].

Для поліпшення результатів хірургічного лікування хворих з переломами НЩ нами було запропоновано використання пластин з нового β -Zr-Ti-Nb сплаву у випадках, що передбачають проведення класичного остеосинтезу за М. Champy (1967) (load-sharing osteosynthesis) [9]. Робоча гіпотеза полягала в тому, що застосування пластин з даного сплаву не призводитиме до зменшення міцності і надійності системи, натомість забезпечить більш ефективний перерозподіл навантажень між пластиною і кістковою тканиною уламків, а напружено-деформований стан кістки в зоні перелому буде наближатись до природного. Перевірка цієї гіпотези передбачала проведення серії модельних експериментів на доклінічному етапі.

Метою дослідження була порівняльна оцінка впливу традиційних титанових фіксаторів (контроль) і пластин з нового β -Zr-Ti-Nb сплаву (основна група) на особливості розподілу напружень і деформацій в елементах фіксації та кістковій тканині залежно від ступеня зрілості (механічних властивостей) кісткового регенерату на ділянці кута нижньої щелепи.

Матеріали та методи

Вивчення біомеханічної поведінки систем «фіксатор — кістка» із застосуванням різних конструкційних матеріалів для виготовлення елементів фіксації проводили в модельному експерименті, використовуючи метод імітаційного комп'ютерного моделювання. Подібний підхід, що передбачає перевірку біомеханічних властивостей (жорсткість, міцність, надійність) шляхом імітаційного комп'ютерного моделювання, дозволяє на доклінічному етапі уникнути низки ускладнень і незадовільних результатів, пов'язаних з використанням механічно недосконалих конструкцій, а також є важливим елементом оптимізації хірургічних втручань на основі біомеханічно обґрунтованих критеріїв. Під час моделювання особливу увагу ми приділяли біомеханічним аспектам ефекту «екранування» напружень, в основі якого лежить невідповідність жорсткості фіксатора і кісткової тканини, а також можливості ефективного перерозподілу навантаження між пластиною і кісткою відповідно до принципів М. Champy (1976).

Тривимірні твердотільні моделі НЩ, накісткових пластин і шурупів було створено в програмному середовищі Autodesk Inventor 11.0 (Autodesk Inc., США) і CATIA (Dassault Systèmes, Франція). Просторову геометрію НЩ відтворювали відповідно до рекомендацій А.В. Копчака (2014) на основі даних комп'ютерної томографії пацієнта з правильно сформованим лицевим черепом без ознак патології зубо-щелепної системи. У створених моделях нехтували структурними й механічними особливостями денто-альвеолярного комплексу і періодонтальної зв'язки як несуттєвими. Оскільки

Таблиця 1. Максимальні напруження і деформації в системі «фіксатор — кістка» залежно від матеріалу, з якого виготовлені елементи фіксації

Параметри системи	Титан		
	Фіброзно-кістковий регенерат	Регенерат з грубоволокнистої кісткової тканини	Кістковий регенерат з ознаками компактизації
Максимальні еквівалентні напруження в пластині, МПа	136,9	52,2	47
Запас міцності пластини	4	10,5	11,7
Максимальні еквівалентні напруження в регенераті, МПа	3,8	5,6	6
Максимальні еквівалентні напруження в кістковій тканині уламків (кортикальна), МПа	12,5	9,8	10,4
Максимальні еквівалентні напруження в кістковій тканині уламків (губчаста), МПа	37,9	18,5	17,9
Максимальні переміщення вузлів моделі, мм	0,676	0,607	0,603
Параметри системи	β -Zr-Ti-Nb сплав		
	Фіброзно-кістковий регенерат	Регенерат з грубоволокнистої кісткової тканини	Кістковий регенерат з ознаками компактизації
Максимальні еквівалентні напруження в пластині, МПа	83,7	29,7	26,2
Запас міцності пластини	10	28,3	32
Максимальні еквівалентні напруження в регенераті, МПа	3,9	5,92	6,4
Максимальні еквівалентні напруження в кістковій тканині уламків (кортикальна), МПа	42,3	17,6	17,5
Максимальні еквівалентні напруження в кістковій тканині уламків (губчаста), МПа	4,4	1,9	1,9
Максимальні переміщення вузлів моделі, мм	0,681	0,608	0,605

морфологія цих анатомічних структур є дуже складною, а їх механічні властивості недостатньо вивчені, спрощення моделі сприяло зменшенню кількості невідповідностей і помилок під час численних розрахунків.

У подальшому, використовуючи інструменти програмного забезпечення для трансформації тривимірних зображень і булеві операції, на ділянці кута відтворювали перелом з діастазом 1 мм і фіксували його однією пластиною товщиною 1 мм із гвинтами довжиною 7 мм, діаметром 2 мм (пластину розташовували вздовж зовнішньої косої лінії («ідеальна» лінія остеосинтезу за М. Champy 1976) паралельно верхньому краю нижньої щелепи).

Діастаз між уламками заповнювали об'ємом, якому надавали властивостей кісткового регенерату різного ступеня зрілості (табл. 1). Усі створені поверхневі моделі за допомогою булевих операцій були об'єднані в багатоконпонентні збірки й імпортовані до програмного забезпечення Ansys 12.1 (Swanson Ansys Inc., США) для подальшого розбиття об'ємної скінченно-елементної сітки.

Для формування об'ємної твердотільної сітки було застосовано 10-вузлові тетраедричні елементи з квадратичною апроксимацією функцій, що є оптимальним для відображення об'єктів неправильної форми зі складною геометрією. В елементах фіксації та кістковій тканині навколо них, у зоні змодельованого кісткового регенерату й на ділянках зі складною геометрією вдавались до згущення сітки (рис. 1). Оптимальну кількість вузлів і скінченних елементів контролювали тестом конвергенції (збіжності) отриманих результатів.

В усіх моделях відтворювали квазістатичні умови змикання зубів із силою прикусу 100 Н. Активними вважали лише м'язи, що піднімають нижню щелепу (жувальні, скроневі й медіальні крилоподібні). Напрямок, абсолютну величину і співвідношення сил скорочення окремих м'язів задавали на основі літературних даних

[10]. Для спрощення розрахунку й аналізу даних умови закріплення та навантаження моделі були симетричними відносно серединно-сагітальної площини.

Геометричні параметри щелепи й елементів фіксації, фізико-механічні властивості кортикального і губчастого шару кістки й умови навантаження в усіх моделях були однаковими. Варіативними параметрами були механічні властивості елементів фіксації, що відповідали традиційному титановому сплаву Ti6Al4V (контроль) або β -Zr-Ti-Nb сплаву (основна група). Фізико-механічні параметри кісткового регенерату в моделях також змінювали, надаючи їм властивостей, притаманних: 1) незрілому фіброзно-кістковому регенерату; 2) регенерату з грубоволокнистою (ретикулофіброзною) кістковою тканиною; 3) кістковому регенерату з ознаками компактизації (табл. 1). Базові механічні властивості кістки й титанових конструкцій було задано відповідно до результатів експериментальних досліджень та існуючих технічних стандартів [10–12].

Для спрощення розрахунку кісткову тканину визначали як суцільну, гомогенну (в межах одного типу матеріалу), лінійно-еластичну й ізотропну. Ці спрощення є допустимими й використовуються в більшості сучасних біомеханічних досліджень, проведених за допомогою комп'ютерного імітаційного моделювання.

Після перевірки скінченно-елементної сітки на наявність дефектів та її оптимізації [10] проводили розрахунок моделі. Визначали інтегральну деформаційну здатність НЩ як максимальне переміщення вузлів моделі за відтворених умов навантаження, якісно описували характер розподілу напружень і деформацій, визначали їх градієнти. Міцність і надійність систем «фіксатор — кістка» оцінювали за максимальною величиною еквівалентних напружень в елементах фіксації та оточуючій кістковій тканині, зіставляючи їх із гранично-допустимими значеннями для титану, β -Zr-Ti-Nb сплаву і відповідних типів кістки.

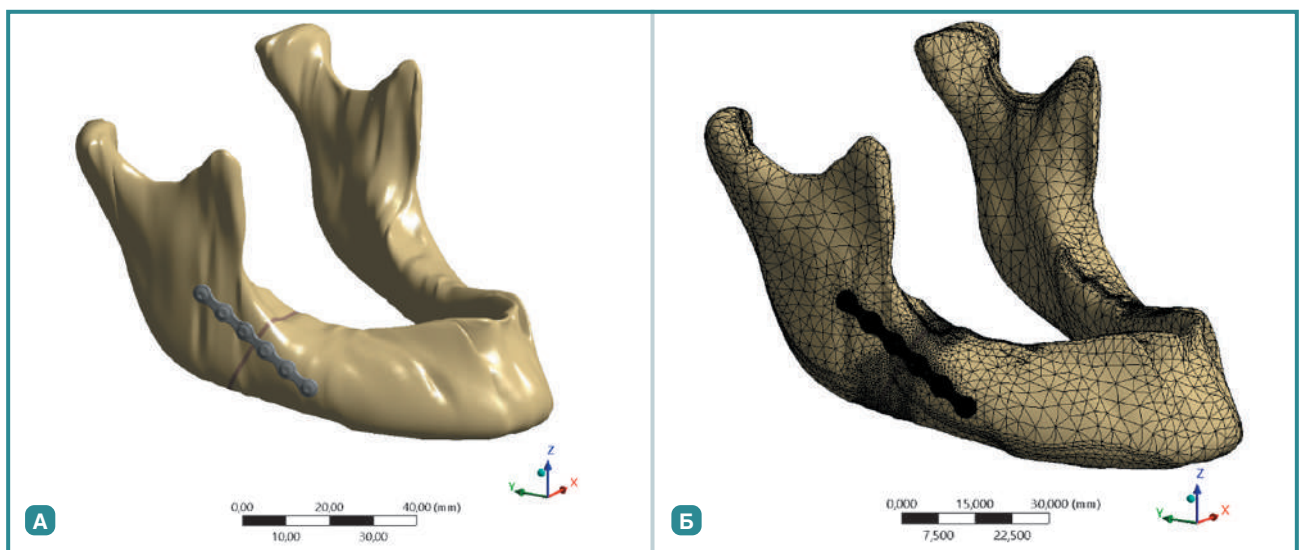


Рисунок 1. Відтворення просторової геометрії систем «фіксатор — кістка» у двох типах моделей:
А) перелом на ділянці кута, фіксований однією накістковою мініпластиною за М. Champy (1976);
Б) розбиття об'ємної скінченно-елементної сітки на моделі перелому нижньої щелепи в ділянці кута після проведення остеосинтезу. Загальна кількість тетраедричних скінченних елементів — 538 519, загальна кількість вузлів — 848 721

Загалом було створено й обраховано 6 багатокомпонентних імітаційних комп'ютерних моделей зі змінними параметрами. Параметри, отримані для моделей основної групи, порівнювали з відповідними показниками моделей контрольної групи.

Результати та їх обговорення

Аналіз виду напружено-деформованого стану (НДС) системи «фіксатор — кістка» при відтворенні перелому на ділянці кута показав, що за даних умов навантаження в системі домінували деформації згину: напруження переважного розтягу концентрувалися вздовж верхнього краю щелепи і сприймалися накістковою пластиною, натомість на ділянці нижнього краю діяли стискаючі напруження, що створювали зону функціональної компресії в нижніх відділах кісткового регенерату. У міру дозрівання кісткового регенерату напруження стиску в ньому зростали, що забезпечувало більш ефективний перерозподіл навантажень між кісткою і пластиною. Отриманий характер НДС системи «фіксатор — кістка» в основній і контрольній групі якісно не відрізнявся і відповідав існуючим науковим уявленням з цього приводу і результатам раніше проведених натурних і модельних експериментів [10].

Кількісні відмінності у величині напружень і деформацій в основній і контрольній групі при відтворенні переломів на ділянці кута наведено в табл. 1. У контрольній групі (при застосуванні титанових пластин) найбільші напруження виникали в елементах фіксації, а їх максимальне значення (до 136 МПа) відзначали на центральній ділянці пластини, розташованій над щілиною перелому.

За наявності незрілого фіброзно-кісткового регенерату функціональні навантаження сприймалися переважно пластиною і передавалися на кісткову тканину НЩ у ділянці фіксуючих шурупів, де виникали концентратори напруження (до 37 МПа), натомість у ділянці регенерату вони не перевищували 3,8 МПа (рис. 2). У міру дозрівання регенерату він починав сприймати більшу частину навантаження, забезпечуючи його ефективний перерозподіл між пластиною і кісткою. Так, при відтворенні зрілого кісткового регенерату з ознаками компактизації напруження в титановій пластині зменшувались на 34 %, а в регенераті — зростали в 1,6 раза.

При застосуванні пластин з β -Zr-Ti-Nb сплаву на ділянці кута НЩ деформація системи, що характеризує стабільність фіксації, практично не відрізнялась

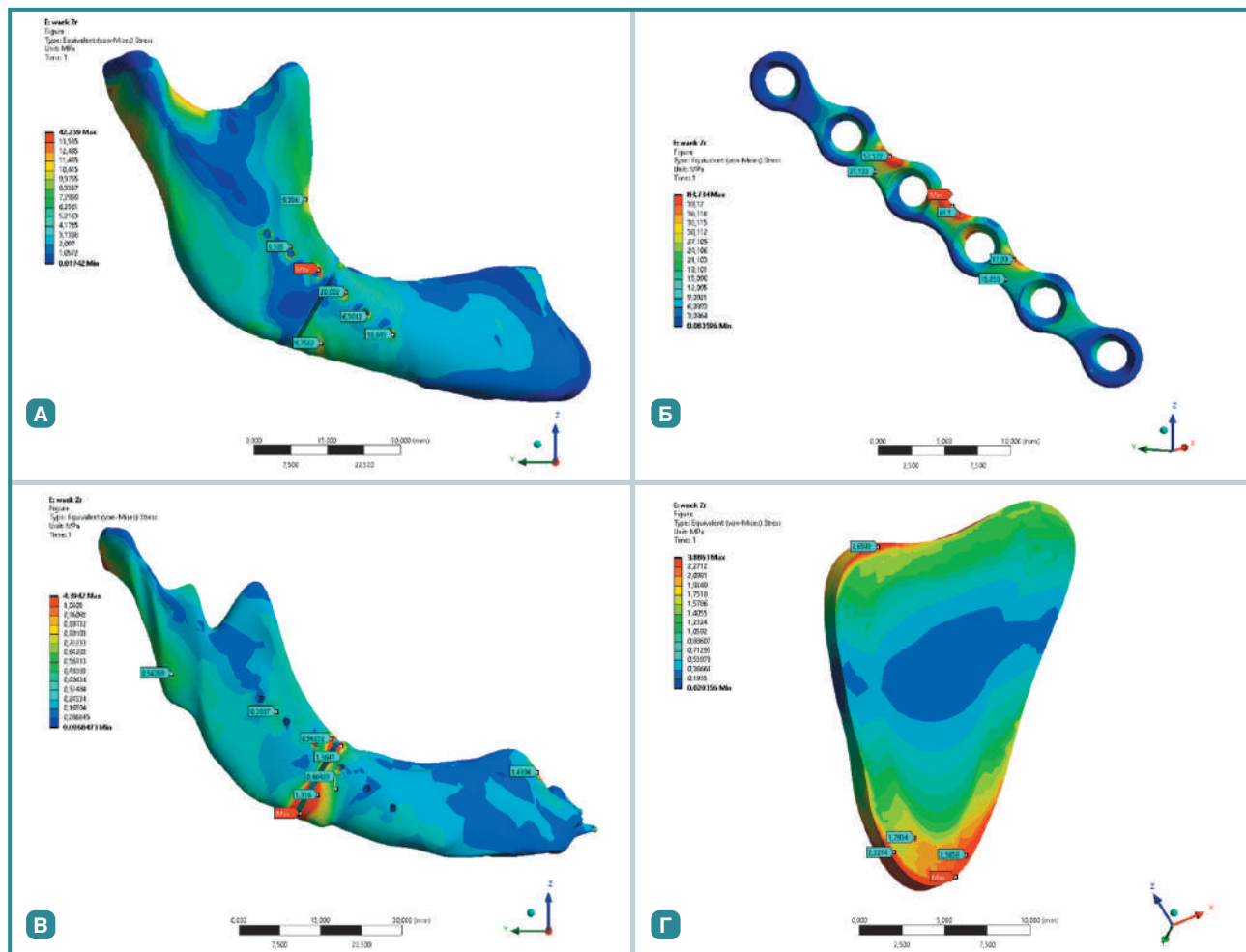


Рисунок 2. Розподіл еквівалентних напружень за Мізесом у кортикальній (А) і губчастій тканині (Б), фіксуючій титановій пластині (В) та фіброзно-кістковому регенераті (Г) при відтворенні умов функціонального навантаження системи «фіксатор — кістка» (контрольна група)

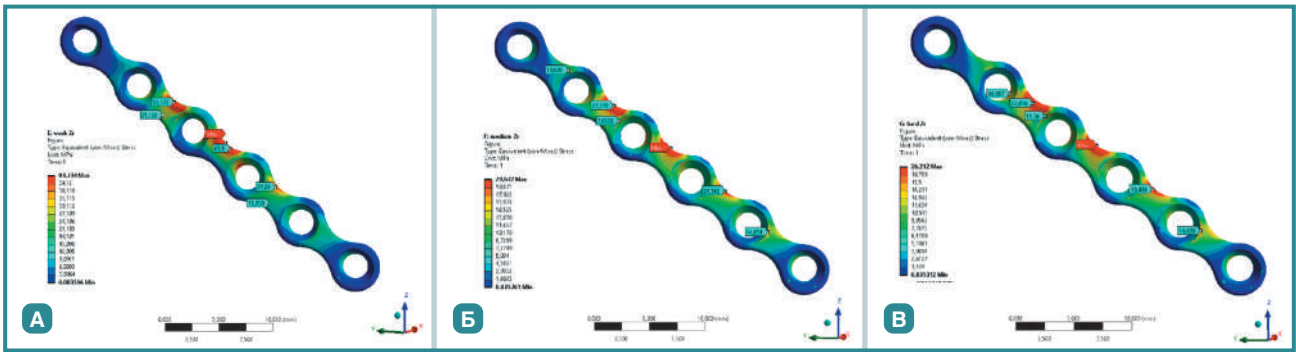


Рисунок 3. Розподіл локальних напружень у пластинах з нового β -Zr-Ti-Nb сплаву на етапах дозрівання регенерату: А) фіброзно-кістковий регенерат; Б) регенерат з грубоволокнистої кісткової тканини; В) кістковий регенерат з ознаками компактизації

від показників контрольної групи. Натомість розподіл напружень у системі між елементами фіксації та кістковою тканиною в зоні зрощення був більш рівномірним. Максимальні напруження в пластині в міру дозрівання регенерату зменшувались з 83,7 до 26,2 МПа (рис. 3) і виявлялися в 1,5–2,5 раза меншими, ніж у контролі. Напруження в кістковому регенераті натомість зростали з 3,9 до 6,4 МПа і виявлялись більшими, ніж при застосуванні пластин з титану (рис. 4). Запас міцності пластин із нового β -Zr-Ti-Nb сплаву був більшим, ніж титанових пластин, у 2,5–2,7 раза.

Водночас напруження в кістковій тканині уламків, в тому числі навколо фіксуючих шурупів, в основній групі були більші, ніж у контролі, особливо при незрілому фіброзно-кістковому регенераті. І хоча їх величина не перевищувала гранично допустимих значень для кісткової тканини і в міру дозрівання регенерату зменшувалась (рис. 5), отримані результати модельних розрахунків свідчать про необхідність уникнення значних жувальних навантажень (пережовування жорсткої їжі) в ранньому післяопераційному періоді в пацієнтів, яким проводили остеосинтез на ділянці кута

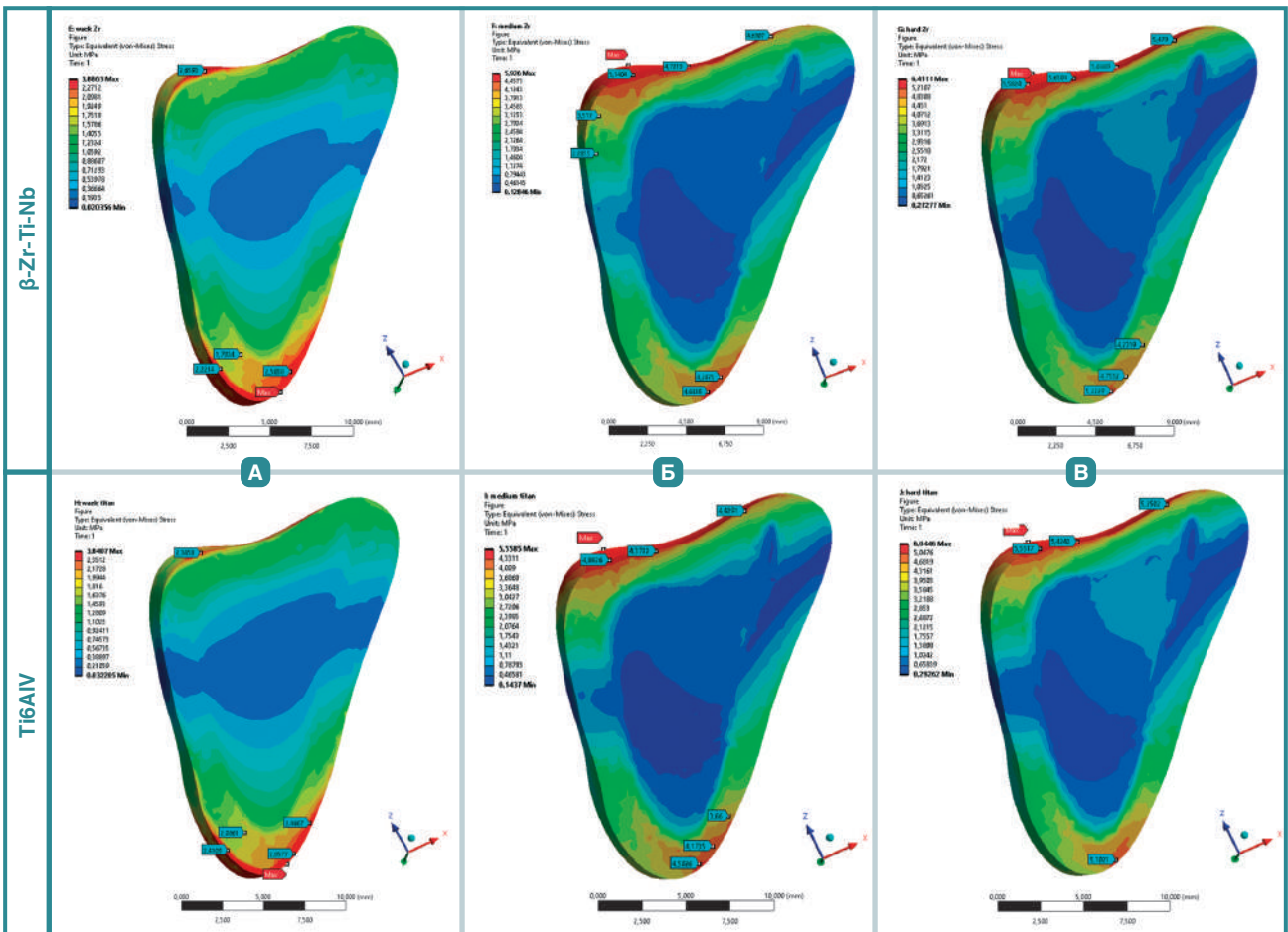


Рисунок 4. Розподіл локальних напружень у фіброзно-кістковому регенераті (А), регенераті з грубоволокнистої кісткової тканини (Б), кістковому регенераті з ознаками компактизації (Б) при фіксації перелому титановими пластинами (контроль) і пластинами з нового β -Zr-Ti-Nb сплаву (основна група)

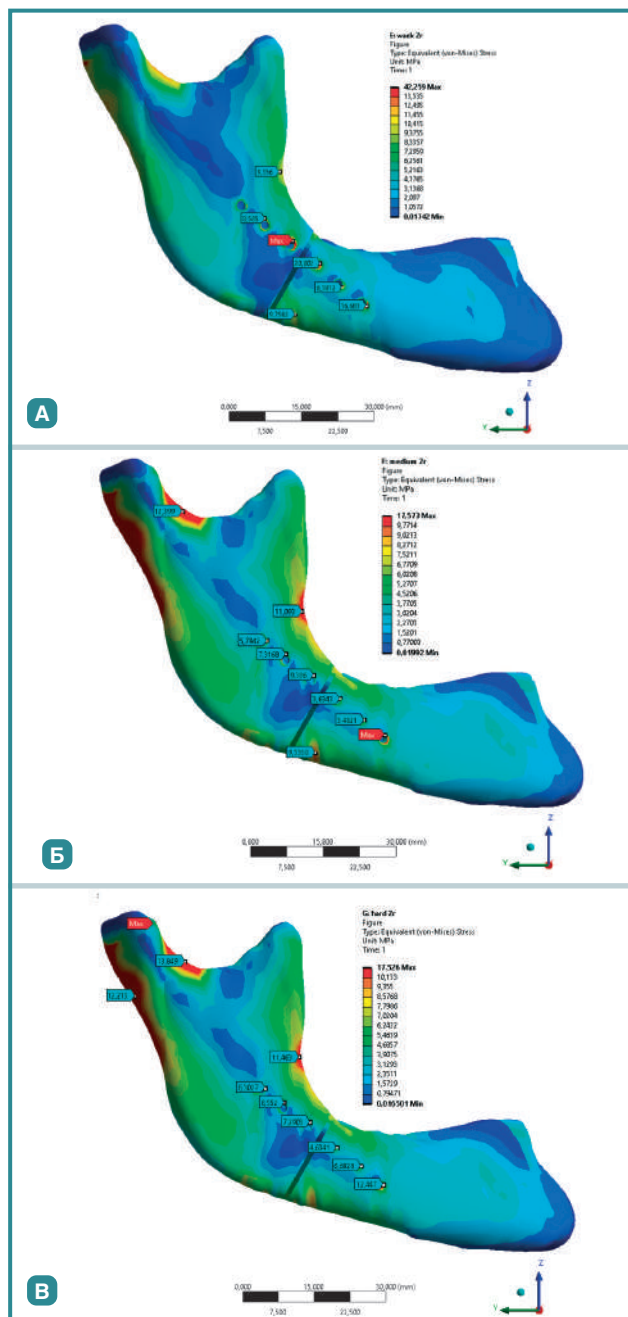


Рисунок 5. Розподіл еквівалентних напружень за Мізесом у кістковій тканині при використанні пластин з нового β -Zr-Ti-Nb сплаву на етапах дозрівання регенерату: **А)** фіброзно-кістковий регенерат; **Б)** регенерат з грубоволокнистою кістковою тканиною; **В)** кістковий регенерат з ознаками компактизації

із використанням пластин з нового β -Zr-Ti-Nb сплаву (особливо за наявності біомеханічно несприятливих типів переломів).

Зростання рівня напружень у зоні кісткового регенерату є важливим механізмом регуляції його формування і дозрівання. В умовах зменшеного навантаження формування тканини регенерату його мінералізація і подальша структурна перебудова можуть уповільнюватись і змінюватись якісно в бік формування кістки зі зменшеною «якістю», тобто зі зниженими фізико-механічними параметрами, які визначають її опорну здатність. Саме тому

збільшення навантажень, що сприймаються тканинами регенерату, і мінімізація ефекту «механічного шунта» при зменшенні модуля пружності пластини визначають кращі умови для перебігу процесів репаративної регенерації та формування повноцінного кісткового зрощення.

Особливе значення мають виражені розбіжності, виявлені нами при застосуванні β -Zr-Ti-Nb пластин за умов низької жорсткості регенерату (незріла ретикуло-фіброзна кістка), у період, коли під впливом локальних і системних регулюючих чинників визначається весь подальший перебіг репаративної регенерації. З іншого боку, збереження відмінностей у величині локальних напружень на ділянці кісткового зрощення при завершенні репаративних процесів впливатиме на перебування регенерату і сприятиме більш швидкому й повноцінному відновленню органоспецифічної архітектури кістки на ділянці зрощення.

Встановлено, що при застосуванні біомеханічно обґрунтованих способів фіксації зменшення модуля пружності матеріалу, з якого виготовлені пластини, у понад 2 рази практично не позначалося на інтегральній жорсткості системи, яка зменшувалась лише на 5–6 %, залишаючись у межах фізіологічного діапазону. Напруження, що виникали в пластинах при заданих умовах навантаження, в усіх випадках були меншими від максимально допустимої величини, однак запас міцності системи (співвідношення між гранично допустимою величиною еквівалентних напружень за Мізесом, визначеною експериментально, та їх максимальним розрахунковим значенням) при застосуванні β -Zr-Ti-Nb пластин, що мають вищу, ніж у титану, циклічну міцність, виявлявся у 2–3 рази більшим.

Отримані результати свідчать також, що в умовах раннього функціонального навантаження і збільшення сили стискування зубів до максимальних величин (600–800 Н і більше) при застосуванні титанових пластин виникає ризик руйнування від «втоми» в разі, якщо процес дозрівання регенерату уповільниться. Надійність фіксації β -Zr-Ti-Nb пластинами виявилась значно більшою, а можливі ризики руйнування системи за даними моделювання були пов'язані більшою мірою з можливим зниженням «якості» кістки на ділянці встановлення елементів фіксації.

Висновки

Отже, проведені дослідження виявили низку біомеханічних переваг β -Zr-Ti-Nb пластин, що при правильному розташуванні дозволяють забезпечити необхідну жорсткість фіксації і водночас більшу міцність і надійність системи «фіксатор — кістка», а також наблизити розподіл функціональних навантажень у зоні кісткового зрощення до природного, притаманного ділянці кута НЩ.

При застосуванні біомеханічно обґрунтованих способів фіксації зменшення модуля пружності матеріалу, з якого виготовлені пластини, у понад 2 рази практично не позначалося на інтегральній жорсткості системи, яка зменшувалась лише на 5–6 %, залишаючись у межах фізіологічного діапазону, запас міцності пластин із нового β -Zr-Ti-Nb сплаву був більшим, ніж титанових пластин, у 2,5–2,7 рази.

Конфлікт інтересів. Автори заявляють про відсутність конфлікту інтересів і власної фінансової зацікавленості при підготовці даної статті.

Список літератури

1. El-Anwar MW, Sweed AH. Simple percutaneous transbuccal approach for management of mandibular angular fracture. *J Craniofac Surg.* 2017;28:1035-1037.
2. Boffano P, Rocca F, Zattero E, et al. European Maxillofacial Trauma (EURMAT) project: a multicentre and prospective study. *J Craniomaxillofac Surg.* 2015;43:62-70.
3. Al-Moraissi EA, El-Sharkawy TM, El-Ghareeb TI, Chrcanovic BR. Three-dimensional versus standard miniplate fixation in the management of mandibular angle fractures: a systematic review and meta-analysis. *Int J Oral Maxillofac Surg.* 2014;43:708-716.
4. Elsayed SA, Mohamed FI, Khalifa GA. Clinical outcomes of three different types of hardware for the treatment of mandibular angle fractures: a comparative retrospective study. *Int J Oral Maxillofac Surg.* 2015;44:1260-1267.
5. Gareb B, Roossien CC, van Bakelen NB, Verkerke GJ, Vissink A, Bos RRM, van Minnen B. Comparison of the mechanical properties of biodegradable and titanium osteosynthesis systems used in oral and maxillofacial surgery. *Sci Rep.* 2020 Oct 23;10(1):18143. doi: 10.1038/s41598-020-75299-9. PMID: 33097757; PMCID: PMC7584639.
6. Gerlach KL, Erle A, Eckelt U, Loukota R, Luhr H-G, Bos RRM. 5-Surgical Management of Mandibular Fractures. In book: Brennan PA, Schliephake H, Ghali GE, Luke Cascarini L, Editors.

Maxillofacial Surgery. 3rd ed. Vol. 1. Elsevier Ltd, 2017. P. 50-73. doi: 10.1016/B978-0-7020-6056-4.00005-8.

7. Niinomi M. Mechanical biocompatibilities of titanium alloys for biomedical applications. *J Mech Behav Biomed Mater.* 2008 Jan;1(1):30-42. doi: 10.1016/j.jmbbm.2007.07.001. Epub 2007 Aug 27. PMID: 19627769.
8. Івасишин О.М., Скиба І.М., Красевська О.П., Марковський П.Є., винахідники; Інститут металофізики імені Г.В. Курдюмова НАН України, патентовласник. Біосумісний сплав із низьким модулем пружності на основі системи цирконій-титан. Патент України № 102455. 2013 Лип. 10. Бюл. № 13.
9. Champy M, Loddé JP, Schmitt R, Jaeger JH, Muster D. Mandibular osteosynthesis by miniature screwed plates via a buccal approach. *J Maxillofac Surg.* 1978 Feb;6(1):14-21. doi: 10.1016/s0301-0503(78)80062-9. PMID: 274501.
10. Маланчук В.О., Кришук М.Г., Копчак А.В. Імітаційне комп'ютерне моделювання в щелепно-лицевій хірургії: навч. посібник. Київ: Асканія, 2013. 231 с.
11. Misch CE, Qu Z, Bidez MW. Mechanical properties of trabecular bone in the human mandible: implications for dental implant treatment planning and surgical placement. *J Oral Maxillofac Surg.* 1999 Jun;57(6):700-6; discussion 706-8. doi: 10.1016/s0278-2391(99)90437-8. PMID: 10368096.
12. Schwartz-Dabney CL, Dechow PC. Edentulation alters material properties of cortical bone in the human mandible. *J Dent Res.* 2002 Sep;81(9):613-7. doi: 10.1177/154405910208100907. PMID: 12202642.

Отримано/Received 04.09.2024

Рецензовано/Revised 15.09.2024

Прийнято до друку/Accepted 24.09.2024 ■

Information about authors

Anna Romanova, PhD in Medicine, PhD-student, Assistant, Department of Maxillofacial Surgery and Modern Dental Technologies, Postgraduate Education Institute, Bogomolets National Medical University, Kyiv, Ukraine; e-mail: romanova.cmf@gmail.com; <https://orcid.org/0000-0002-5792-7830>

Mykola Kryshchuk, Doctor of Technical Sciences, Professor, Department of Dynamics, Machine Strength and Material Resistance, Institute of Mechanical Engineering, National Technical University of Ukraine "Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute", Kyiv, Ukraine; e-mail: krysh@ukr.net; <https://orcid.org/0000-0002-0662-9147>

Conflicts of interests. Authors declare the absence of any conflicts of interests and own financial interest that might be construed to influence the results or interpretation of the manuscript.

A.Yu. Romanova¹, M.H. Kryshchuk²

¹Bogomolets National Medical University, Kyiv, Ukraine

²National Technical University of Ukraine "Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute", Kyiv, Ukraine

Features of the stress-strain state of the fixator-bone system in mandibular angle osteosynthesis with devices made of β -Zr-Ti-Nb alloy

Abstract. Background. According to most studies, fractures in the area of the mandibular angle are a common type of injury associated with the greatest number of complications, in particular, the development of infection, slowing down the union of fragments and their incorrect fusion, which has secondary consequences. Purpose of the study: to compare the impact of traditional titanium fixators for mandibular osteosynthesis and plates made of the new β -Zr-Ti-Nb alloy on the distribution of stresses and deformations in the fixation elements and bone tissue, depending on the maturity of the bone regenerate in the area of the mandibular angle. **Materials and methods.** The biomechanical behavior of the fixator-bone systems in fractures in the mandibular angle area using devices made of different materials was studied through model experiments using computer simulation. Six multi-component computer models with variable parameters were created and analysed (models of the mandible, plates, and screws). The variable parameters were the mechanical properties of the fixators corresponding to traditional titanium alloy Ti6Al4V (controls) or β -Zr-Ti-Nb alloy (main group). The physical and mechanical parameters of the bone regenerate in the

models were also varied by attributing them properties typical of: 1) immature fibrous bone regenerate, 2) coarse-fiber (reticulofibrous) bone regenerate, and 3) bone regenerate with signs of compaction. **Results.** The system's deformation, characterizing the fixation stability, was practically indistinguishable from the indicators of the control group when using β -Zr-Ti-Nb alloy plates in the mandibular angle area. However, the distribution of stresses within the system between the fixation elements and bone tissue in the fusion zone was more uniform. The maximum stresses in the plate decreased from 83.7 to 26.2 MPa as the regenerate matured and were 1.5–2.5 times lower than in the control group. **Conclusions.** The conducted studies revealed several biomechanical advantages of β -Zr-Ti-Nb plates, which, when properly positioned, provide the necessary fixation rigidity, while also offering greater strength and reliability of the fixator-bone system. This also allows for a distribution of functional loads in the bone fusion zone closer to the natural one characteristic of the mandibular angle area.

Keywords: osteosynthesis; computer simulation; new alloys; β -Zr-Ti-Nb alloy

Аналіз морфофункціональних змін сітківки після вітректомії у пацієнтів з регматогенним відшаруванням

Резюме. Актуальність. Отримання максимально високих функціональних даних після лікування регматогенного відшарування сітківки (РВС) є важливою темою протягом останніх кількох десятиліть. Розширення знань стосовно морфологічних змін макулярної ділянки та хоріоретинального кровооток може сприяти вирішенню низки питань стосовно цієї проблеми. **Мета.** Вивчити взаємозв'язок гостроти зору (ГЗ) зі змінами мікрокровооток макулярної ділянки сітківки після вітректомії з приводу регматогенного відшарування сітківки. **Матеріали та методи.** У дослідженні взяли участь 35 пацієнтів із первинним РВС. Усім було проведено задню субтотальну вітректомію з ендовітреальною тампонадою силіконовою олією та виведенням через 1 місяць. Аналіз змін макулярної ділянки виконували на оптичному когерентному томографі. Внутрішньоочний кровотік досліджували за допомогою оптичної когерентної томографії з функцією ангиографії. **Результати.** Отримані дані продемонстрували залежність рівня ГЗ від стану мікроструктури і хоріоретинального кровооток макулярної ділянки на завершальному етапі силіконової тампонади при ендовітреальній хірургії РВС. **Висновки.** Основною причиною низької ГЗ є структурні зміни нейроепітелію в макулі, дезорганізація лінії еліпсоїдної зони, дефекти зовнішньої межової мембрани та внутрішньої межової мембрани. Виявлено взаємозв'язок між ступенем зниження ГЗ, морфологічними змінами в макулі та тяжкістю порушення хоріоретинального кровооток в макулі.

Ключові слова: регматогенне відшарування сітківки; ОКТ-ангиографія; макула

Вступ

Розробка сучасних технологій ендовітреальної хірургії регматогенного відшарування сітківки (РВС) призвела до суттєвого збільшення (до 95–99 %) анатомічного прилягання сітківки [1, 2]. Однак, незважаючи на високий анатомічний результат оперативного лікування РВС і вдосконалення мікрохірургічної техніки для мікроінвазивного проведення операції, функціональні показники медичної реабілітації навіть за умови повного прилягання відшарованої сітківки часто не виправдовують очікування пацієнтів. Лише у 45 % пацієнтів гострота зору (ГЗ) після операції становить від 0,6 до 1,0, а у 60 % залишається на тому самому рівні, що й до операції, або підвищується незначно [3–5, 10].

На думку дослідників, основною причиною низької ГЗ у цієї категорії пацієнтів є порушення морфології макули і хоріоретинального мікрокровооток [6–9].

Незважаючи на проведені дослідження, на сьогодні недостатньо відомо про динаміку відновлення морфологічних показників і хоріоретинального кровооток макули та вплив цих порушень на рівень візуальних результатів у пацієнтів після оперативного лікування РВС.

Мета: вивчити взаємозв'язок гостроти зору зі змінами мікрокровооток макулярної ділянки сітківки після вітректомії з приводу регматогенного відшарування сітківки.

Матеріали та методи

У дослідження було включено 35 пацієнтів (35 очей) віком від 23 до 62 років (середній вік $44,8 \pm 17,0$ року) з анатомічним приляганням сітківки після ендовітреальної хірургії. У структурі рефракції переважала міопія слабкого ступеня (23 особи), рідше зустрічалася еметропія (8 осіб) і гіперметропія (4 особи). Ретинальні

дефекти, що передують розвитку РВС, були виявлені у всіх пацієнтів. Давність РВС варіювала від 8 днів до 2 тижнів, термін відшарування макули розраховували від моменту зниження центрального зору, він становив від 4 до 10 днів. ГЗ до операції варіювала від світловідчуття з правильною проекцією світла до 0,15. Методика хірургічного лікування хворих із РВС була єдиною і включала трипортову вітректомію за технологією 25G на апараті Alcon Constellation (США). Під час операції видаляли склоподібне тіло із задньою гіалоїдною мембраною й особливо ретельно всі проліферативні тяжі та мембрани в зоні розривів і фіксованих складок сітківки, а потім послідовно виконували такі етапи операції: короткострокову вітреальну тампонаду перфторорганічним з'єднанням, ендолазерну коагуляцію зон розривів та ендотампонаду силіконовою олією.

Тривалість операції варіювала від 45 хвилин до 1,5 години. Через 3 місяці до терміну утворення міцних хоріоретинальних адгезій у зоні розривів стандартним методом проводили видалення силіконової олії з вітреальної порожнини.

У післяопераційному періоді протягом місяця хворим призначали інстиляції антибактеріальних і проти-запальних засобів.

Стандартне офтальмологічне обстеження включало: візометрію, комп'ютерну периметрію, тонометрію, біомікроскопію, ультразвукове А- і В-сканування.

Аналіз змін макулярної ділянки виконували на оптичному когерентному томографі Cirrus HD-OCT 5000 (Carl Zeiss, Німеччина). Оцінювали центральну товщину фовеа (ЦТФ, мкм), товщину зовнішнього сегмента фоторецепторів (ЗСФ, мкм), стан шару зовнішніх і внутрішніх сегментів фоторецепторів еліпсоїдної зони, дефекти зовнішньої межевої мембрани (ЗММ) та внутрішньої межевої мембрани (ВММ).

З метою вірогідного аналізу внутрішньоочного кровотоку нами було застосовано метод оптичної когерентної томографії з функцією ангиографії (ОКТ-ангиографія) на приладі RTVue XR Avanti (Optovue, США). Реєстрація ОКТ-ангиографічного зображення проводилась з використанням режиму сканування Angio Retina 3 × 3 мм з метою поліпшення роздільної здатності отриманого зображення та зменшення можливості наявності артефактів руху та сегментації.

маного зображення та зменшення можливості наявності артефактів руху та сегментації.

За допомогою ОКТ-ангиографії оцінювали в ручному режимі товщину хоріоїдеї (Тх, мкм), площу фовеальної аваскулярної зони (ФАЗ, мм²) і щільність поверхневого капілярного сплетіння (ЩПКС, %) сітківки в макулярній зоні.

Варіантом норми були показники морфологічного статусу макули і хоріоретинального кровотоку у парних очах всіх обстежуваних пацієнтів.

Дослідження виконували в динаміці протягом 3 місяців, після завершення силіконової тампонади. Пацієнти були розділені на 2 групи: 1-ша група — 19 осіб (19 очей) з остаточною ГЗ, що дорівнювала в середньому $0,72 \pm 0,05$ (0,4–0,9); 2-га група — 16 осіб, ГЗ яких на завершальному етапі обстеження відповідала ступеню слабкості і в середньому становила $0,24 \pm 0,04$ (0,15–0,3).

Дослідження проводилося із дотриманням усіх етичних норм та вимог Гельсінської декларації прав людини. Перед лікуванням всі пацієнти підписали інформовану згоду про проведення хірургічного втручання і включення їх до досліджуваної групи. Так само отримано позитивне рішення локального біоетичного комітету.

Статистичне опрацювання даних проводили з використанням програми GraphPadPrism (версія 8.0.1(244) для Windows, GraphPadPrizm, Сан-Дієго, Каліфорнія, США).

Результати та обговорення

Перед завершенням силіконової тампонади ГЗ у середньому була подібною і дорівнювала $0,28 \pm 0,05$ у 1-й групі пацієнтів і $0,27 \pm 0,03$ у 2-й групі ($p < 0,05$). Під час проведення операції з видалення силікону з вітреальної порожнини в обох групах не виявлено інтраопераційних ускладнень. У терміни 1–3 доби після видалення силікону у всіх пацієнтів були відсутні офтальмоскопічні зміни макули.

У табл. 1 наведено динаміку ГЗ у післяопераційному періоді на етапі завершення силіконової тампонади у пацієнтів із відносно високим зоровим результатом операції, а також динаміку морфологічного статусу макули за даними ОКТ і показників хоріоретинального кровотоку за даними ОКТ-ангиографії.

Таблиця 1. Зміни ГЗ, морфологічної структури та хоріоретинального кровотоку в макулі у пацієнтів 1-ї групи

Показники	1-ша — 3-тя доба	7-ма — 10-та доба	14–20-та доба	1 міс.	3 міс.	Парні очі
ГЗ	$0,26 \pm 0,03$	$0,69 \pm 0,04$	$0,71 \pm 0,04$	$0,71 \pm 0,04$	$0,72 \pm 0,05$	$0,89 \pm 0,01$
Морфологічна структура макули						
ЦТФ, мкм	$365,1 \pm 8,8$	$263,4 \pm 9,6$	$254,4 \pm 101$	$253,1 \pm 8,1$	$251,3 \pm 6,8$	$249,7 \pm 5,5$
ЗСФ, мкм	$45,8 \pm 1,7$	$49,8 \pm 2,4$	$50,3 \pm 1,7$	$49,3 \pm 1,2$	$50,0 \pm 1,1$	$55,9 \pm 5,1$
Дефекти еліпсоїдної зони	2	2	3	3	3	–
Дефекти ЗММ	1	1	–	–	–	–
Дефекти ВММ	1	1	1	2	2	–
Хоріоретинальний мікро- кровоток у макулі						
Тх, мкм	$315,3 \pm 7,8$	$291,4 \pm 5,1$	$288,3 \pm 6,5$	$285,7 \pm 8,2$	$284,8 \pm 7,7$	$289,3 \pm 6,9$
ФАЗ, мм ²	$0,54 \pm 0,01$	$0,45 \pm 0,01$	$0,38 \pm 0,02$	$0,39 \pm 0,02$	$0,42 \pm 0,02$	$0,39 \pm 0,01$
ЩПКС, %	$58,4 \pm 4,4$	$53,4 \pm 5,8$	$52,3 \pm 4,3$	$54,1 \pm 5,2$	$53,7 \pm 3,5$	$54,8 \pm 4,3$

Таблиця 2. Зміни ГЗ, морфологічної структури та хоріоретинального кровотоку в макулі у пацієнтів 2-ї групи

Показники	1-ша — 3-тя доба	7-ма — 10-та доба	14–20-та доба	1 міс.	3 міс.	Парні очі
ГЗ	0,21 ± 0,33	0,23 ± 0,01	0,23 ± 0,01	0,25 ± 0,02	0,24 ± 0,04	0,95 ± 0,03
Морфологічна структура макули						
ЦТФ, мкм	387,3 ± 6,8	364,2 ± 5,4	256,2 ± 4,2	235,1 ± 3,9	212,6 ± 3,8	248,5 ± 5,4
ЗСФ, мкм	33,7 ± 1,3	34,9 ± 2,2	37,1 ± 1,6	33,3 ± 2,1	32,2 ± 1,9	54,9 ± 4,5
Дефекти еліпсоїдної зони	7	7	8	8	8	–
Дефекти ЗММ	7	7	8	8	8	–
Дефекти ВММ	5	5	6	6	6	–
Хоріоретинальний мікрокровоток у макулі						
Тх, мкм	375,1 ± 6,8	352 ± 7,5	259,6 ± 8,4	248,9 ± 7,5	243,3 ± 6,7	287,8 ± 7,2
ФАЗ, мм ²	0,748 ± 0,1	1,12 ± 0,01	1,19 ± 0,02	1,22 ± 0,03	1,45 ± 0,01	0,38 ± 0,05
ЩПКС, %	64,2 ± 4,2	45,8 ± 4,1	40,2 ± 3,9	41,5 ± 2,7	42,2 ± 3,7	55,2 ± 4,2

Як видно з табл. 1, у всіх пацієнтів 1-ї групи дослідження після видалення силікону спостерігалось швидке відновлення ГЗ. Свого максимуму ГЗ досягла вже протягом перших 7–10 днів після хірургічного втручання і становила в середньому $0,72 \pm 0,05$. Під час аналізу томограм у післяопераційній динаміці виявляли мінімальні зміни морфологічної структури сітківки в макулі в перші 1–3 доби після операції, які обмежувалися збільшенням ЦТФ до $365,1 \pm 8,8$ мкм порівняно з парними очима. Відзначено $8,3 \pm 0,7$ % випадків з мінімальними ознаками дезорганізації лінії еліпсоїдної зони і ЗММ. Відновлення нормальної структури сітківки в макулі у пацієнтів 1-ї групи спостерігали на 7–10-й день після видалення силікону.

За даними ОКТ-ангіографії, у строки 1–3 доби після операції у пацієнтів цієї групи порівняно з контролем також виявили тенденцію до невеликого збільшення Тх на $6,95$ %, ЩПКС — на $15,76$ % ($p < 0,05$). Нормалізація і стабілізація хоріоретинального мікрокровотоку в макулі в цій групі прооперованих відбулися через 7–10 діб після завершення силіконової тампонади.

У табл. 2 наведено динаміку ГЗ, морфологічного стану і хоріоретинального кровотоку в макулі після завершення силіконової тампонади в пацієнтів із низькими зоровими результатами операції. Як видно з табл. 2, виявлені зміни морфологічної структури і хоріоретинального мікрокровотоку в макулі приблизно подібні до 1-ї групи, проте ступінь їх вираженості та питома вага порушень були статистично вірогідними ($p > 0,05$).

Серед змін у зовнішніх відділах сітківки, які найчастіше зустрічаються після завершення силіконової тампонади, у пацієнтів 2-ї групи були більшими за частотою дефекти лінії еліпсоїдної зони і пошкодження ЗММ, максимальна частота яких у післяопераційній динаміці перевищувала у 5,3 раза показники, отримані у пацієнтів 1-ї групи ($p < 0,05$). Дефекти ВММ під час аналізу томограм до закінчення періоду спостереження діагностовано відповідно в кожного 3-го і 2-го пацієнта за відсутності таких у 1-й групі. Тривалість транзиторного збільшення ЦТФ у пацієнтів 2-ї групи становила

в середньому від 7 до 10 діб проти 1–3 діб у 1-й групі обстежених ($p < 0,05$).

За даними ОКТ-ангіографії, хоріоретинальний кровотік у макулі в динаміці післяопераційного періоду в пацієнтів 2-ї групи, на відміну від 1-ї, не мав явної тенденції до нормалізації та стабілізації. До остаточного терміну спостереження у цих хворих наростало збільшення площі ФАЗ до $1,45 \pm 0,01$ мм², зменшення ЩПКС до $42,2 \pm 3,7$ % і зниження Тх до $243,3 \pm 6,7$ мкм порівняно з парними очима ($p < 0,05$).

Таким чином, проведені дослідження продемонстрували залежність рівня ГЗ від стану мікроструктури і хоріоретинального кровотоку макулярної ділянки на завершальному етапі силіконової тампонади при ендовітреальній хірургії РВС.

ВИСНОВКИ

1. Причиною порушень ГЗ в післяопераційному періоді при хірургічному лікуванні РВС є структурні зміни нейроепітелію в макулі, дезорганізація лінії еліпсоїдної зони, дефекти ЗММ та ВММ.

2. Виявлено взаємозв'язок між ступенем зниження ГЗ, морфологічними змінами в макулі та тяжкістю порушення хоріоретинального кровотоку в макулі.

3. Для оперованих пацієнтів із низькою гостротою зору характерні: пролонгована і різко виражена капілярна гіперперфузія, що завершується через 3–10 діб після видалення силікону стійким дефіцитом хоріоретинального мікрокровотоку в макулі.

4. Отримані дані мають клінічне значення для обґрунтування показань і термінів проведення медикаментозного лікування в пацієнтів після ендовітреальної хірургії РВС, спрямованого на підвищення ефективності зорової реабілітації.

Конфлікт інтересів. Автори заявляють про відсутність конфлікту інтересів та власної фінансової зацікавленості при підготовці даної статті.

Інформація про внесок кожного автора. Іванченко А.Ю. — збирання й обробка матеріалів, аналіз отриманих даних, написання тексту; Безкоровайна І.М. — збирання матеріалів, концепція і дизайн дослідження.

Список літератури

1. Muni RH, Darabad MN, Oquendo PL et al. Outer retinal corrugations in rhegmatogenous retinal detachment: the retinal pigment epithelium-photoreceptor dysregulation theory. *Am J Ophthalmol.* 2023;245:14-24. doi: 10.1016/j.ajo.2022.08.019.
2. Ambiya V, Rani P et al. Outcomes of recurrent retinal detachment surgery following pars plana vitrectomy for rhegmatogenous retinal detachment, *Seminars in Ophthalmology.* 2018;33(5):657-663. <https://doi.org/10.1080/08820538.2017.1395893>.
3. Grabowska A, Neffendorf J, Yorston D, Williamson T. Urgency of retinal detachment repair: is it time to re-think our priorities? *Eye (Lond).* 2021;35:1035-1036.
4. Noda H, Kimura S, Morizane Y, Toshima S et al. Relationship between preoperative foveal microstructure and visual acuity in macula-off rhegmatogenous retinal detachment: imaging analysis by swept-source optical coherence tomography. *Retina.* 2020;40(10):1873-1880. doi: 10.1097/IAE.0000000000002687.
5. Melo IM, Bansal A, Lee WW et al. Bacillary layer detachment and associated abnormalities in rhegmatogenous retinal detachment. *Retina.* 2023;43(4):670-678. doi: 10.1097/IAE.0000000000003696.
6. Hostovsky A, Trussart R, AlAli A et al. Pre-operative optical coherence tomography findings in macula-off retinal detachments and visual outcome. *Eye (Lond).* 2021;35(12):3285-3291. doi: 10.1038/s41433-021-01399-z.
7. Terauchi G, Shinoda K, Matsumoto C, Watanabe E, Matsumoto H, Mizota A. Recovery of photoreceptor inner and outer segment layer thickness after reattachment of rhegmatogenous retinal detachment. *Br. J. Ophthalmol.* 2015;99(10):1323-1327. doi: 10.1136/bjophthalmol-2014-306252.
8. Inan S, Polat O, Ozcan S, Inan U. Comparison of long-term automated retinal layer segmentation analysis of the macula between silicone oil and gas tamponade after vitrectomy for rhegmatogenous retinal detachment. *Ophthalmic Res.* 2020;63(6):524-532. <https://doi.org/10.1159/000506382>.
9. Hostovsky A, Trussart R, AlAli A, Kertes PJ, Eng KT. Pre-operative optical coherence tomography findings in macula-off retinal detachments and visual outcome. *Eye.* 2021;35(12):3285-3291. doi: 10.1038/s41433-021-01399-z.
10. Bonfiglio V, Ortisi E, Scollo D, Reibaldi M, Russo A, Pizzolo A et al. Vascular changes after vitrectomy for rhegmatogenous retinal detachment: Optical coherence tomography angiography study. *Acta Ophthalmol.* 2020;98(5):e563-e569. doi: 10.1111/aos.14315.

Отримано/Received 09.09.2024

Рецензовано/Revised 16.10.2024

Прийнято до друку/Accepted 20.10.2024

Information about authors

A.Y. Ivanchenko, PhD, Assistant at the Department of otorhinolaryngology and ophthalmology, Poltava State Medical University, Poltava, Ukraine; e-mail: annaivan4enko103@gmail.com; <https://orcid.org/0009-0003-7451-8857>

I.M. Bezkorovayna, MD, PhD, Professor at the Department of otorhinolaryngology and ophthalmology, Poltava State Medical University, Poltava, Ukraine; e-mail: ibezkor@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0001-9175-2993>

Conflicts of interests. Authors declare the absence of any conflicts of interests and own financial interest that might be construed to influence the results or interpretation of the manuscript.

Authors' contribution. A.Y. Ivanchenko — collection and processing of materials, analysis of the data obtained, text writing; I.M. Bezkorovayna — collection of materials, concept and design of the study

A.Y. Ivanchenko, I.M. Bezkorovayna
Poltava State Medical University, Poltava, Ukraine

Analysis of morphological and functional changes in the retina after vitrectomy in patients with rhegmatogenous detachment

Abstract. Background. Obtaining the highest possible functional data after treatment for rhegmatogenous retinal detachment (RRD) has been an important topic over the past few decades. Expanding knowledge of the morphological changes in the macular area and chorioretinal blood flow may help resolve a number of issues related to this problem. Objective: to study the relationship between visual acuity (VA) and changes in macular microcirculation after vitrectomy for rhegmatogenous retinal detachment. **Materials and methods.** The study involved 35 patients with primary RRD. All of them underwent posterior subtotal vitrectomy with endovitreous tamponade using silicone oil and withdrawal after 1 month. Changes in the macular area were analysed by optical coherence tomography. The intraocular blood flow was studied

using optical coherence tomography with angiography function. **Results.** The data obtained demonstrated the dependence of the level of VA on the state of the microstructure and chorioretinal blood flow in the macular area at the final stage of silicone tamponade during endovitreous surgery for RRD. **Conclusions.** The main cause of low VA is structural changes in the neuroepithelium in the macula, disorganisation of the ellipsoid zone line, defects in the external and internal limiting membrane. The correlation was found between the degree of VA reduction, morphological changes in the macula and the severity of chorioretinal blood flow disorders in the macula.

Keywords: rhegmatogenous retinal detachment; optical coherence tomography angiography; macula

UDC 616-08+616-72:616-007

DOI: <https://doi.org/10.22141/aomfs.1.1.2024.5>

O. Holubchenko¹, P. Plavskyi¹, O. Voloshchuk¹, A. Garkusha¹, I. Kolodka¹,
S. Shkolnyi¹, A. Kopchak², T. Pavlychuk², R.H. Khonsari³

¹ OHMATDYT National Specialized Children's Hospital, Kyiv, Ukraine

² Bogomolets National Medical University, Kyiv, Ukraine

³ Necker-Enfants Malades Hospital, Assistance Publique — Hôpitaux de Paris, Paris, France

The first fronto-facial monobloc advancement in Ukraine: developing craniofacial surgery in OHMATDYT hospital (Kyiv)

Abstract. *Fronto-facial monobloc advancement (FFMBA) is a key procedure in syndromic craniosynostoses, a group of rare craniofacial malformations that can be associated with definitive visual, cognitive, and morphological impairments in case of delayed management. FFMBA tackles raised intracranial pressure, exophthalmia, obstructive sleep apnea, and class III malocclusion within a single procedure. This procedure requires the collaborative work of maxillofacial surgeons and neurosurgeons, within a dedicated craniofacial multidisciplinary team. Pediatric craniofacial surgery was developed based on the pioneering works of Paul Tessier, by a plastic surgeon of Ukrainian descent, Daniel Marchac, together with neurosurgeon Dominique Renier. Here we report the preparation, execution, follow-up, and outcomes of the first FFMBA performed in Ukraine and provide perspectives for the establishment of a multidisciplinary craniofacial surgery team in OHMATDYT Hospital in Kyiv. This partnership is particularly meaningful in the context of the Russian attempts to destroy OHMATDYT Hospital on July 8, 2024.*

Keywords: *craniofacial surgery; war surgery; Ukraine; fronto-facial advancement; intensive care; syndromic craniosynostosis*

Introduction

Fronto-facial monobloc advancement (FFMBA) with internal distraction is a very useful procedure in the management of syndromic craniosynostoses. This group of rare craniofacial malformations includes Crouzon-Pfeiffer syndrome (1/50,000 births) and Apert syndrome (1/160,000 to 1/50,000 births), characterized by multiple skull and facial premature suture fusions, leading to restrictions in space for the growing brain, eyeballs, airways, teeth, and tongue. The clinical manifestations of these restrictions in space are respectively raised intracranial pressure (ICP), obstructive sleep apnea syndrome (OSAS), exophthalmia, and class III malocclusion with dental crowding. Despite the inter-individual heterogeneity of syndromic craniosynostoses, their treatment protocol is reasonable standardized. During the first 18 months of life, the priority is to fight against raised

ICP, mostly by posterior skull expansion procedures involving simple osteotomies, springs, or distractors [1, 13]. Then, depending on the severity of the phenotype, indicated in priority by the level of OSAS and the extent of corneal exposure due to exophthalmia, two strategies can be adopted [2]:

— one-step strategy involving a primary FFMBA from 18 months of age,

— two-steps strategy involving a primary fronto-orbital advancement (FOA) and a secondary Le Fort III osteotomy.

FOA contributes to tackle raised ICP and exophthalmia but has no interference with OSAS. In two-steps strategies, early respiratory indications for Le Fort III osteotomies can lead to situations requiring secondary Le Fort III osteotomy at teenage years due to an OSAS relapse. This is the reason why the craniofacial team at Necker-Enfants Malades Hospital tends to favor one-step strategies based on early

© «Архів офтальмології та щелепно-лицьової хірургії України» / «Archive of Ophthalmology and Maxillofacial Surgery of Ukraine», 2024

© Видавець Заславський О.Ю. / Publisher Zaslavsky O.Yu., 2024

Для кореспонденції: Павличук Тетяна, асистент кафедри щелепно-лицьової хірургії та сучасних стоматологічних технологій ІПО, Національний медичний університет імені О.О. Богомольця, бульв. Тараса Шевченка, 13, м. Київ, 01601, Україна, tanyapavlychuk17@gmail.com, тел. +38 (093) 874-80-21

For correspondence: Pavlychuk T., Assistant at the Department of Maxillofacial Surgery and Innovative Dentistry, Bogomolets National Medical University, Taras Shevchenko boulevard, 13, Kyiv, 01601, Ukraine; e-mail: tanyapavlychuk17@gmail.com, tel. +38 (093) 874-80-21

Full list of authors' information is available at the end of the article.

FFMBA, that intend to tackle simultaneously raised ICP, exophthalmia [4, 5], OSAS [5], and inverted bite. The one-step strategy also permits to avoid performing a tracheostomy in most cases, which is particularly relevant in the current Ukrainian context [2].

Nevertheless, FFMBA is a demanding procedure in terms of technical skills, infrastructure (mostly anesthesiology and intensive care), and multidisciplinary collaboration. With the use of internal and/or external distraction, the mortality of FFMBA has dramatically dropped from about 30 to < 1 % [6]. Despite these tremendous advances, this procedure is associated with an alarming list of complications: cerebrospinal fluid leak [7], acute infections [13], relapse, failure to correct OSAS and/or exophthalmia and/or inverted bite [5], local skin complications regarding the distractors [13], chronic osteitis and frontal bone resorption [8], optic nerve elongation and visual impairment [9], dental damage [10], and poor morphological results [11].

In this context, performing FFMBA requires planification and multidisciplinary preparation, including close

collaboration with hospital management. Here we report the different aspects — surgery, anesthesiology, nursing, post-operative care, logistics, outcome — related to the first FFMBA performed in Ukraine in March 2024 by a team involving Ukrainian and French health professionals.

Case study

A 4-year-old patient with a clinical diagnosis of Apert syndrome presented with turricephaly, exophthalmia, inverted bite, and signs of obstructive sleep apnea (Fig. 1). He had benefited from early posterior vault expansion at 4 months of age with distraction, with a secondary growing fracture that had led to the formation of a parietal encephalocele. Sleep study was not available to quantify apnea — hypopnea index (AHI) but he presented clinical signs of upper airway obstruction. He was seen with his parents in December 2023 by the French craniofacial surgery team in OHMATDYT Hospital in Kyiv. FFMBA was indicated and planned for March 2024, associated with the repair of the encephalocele.

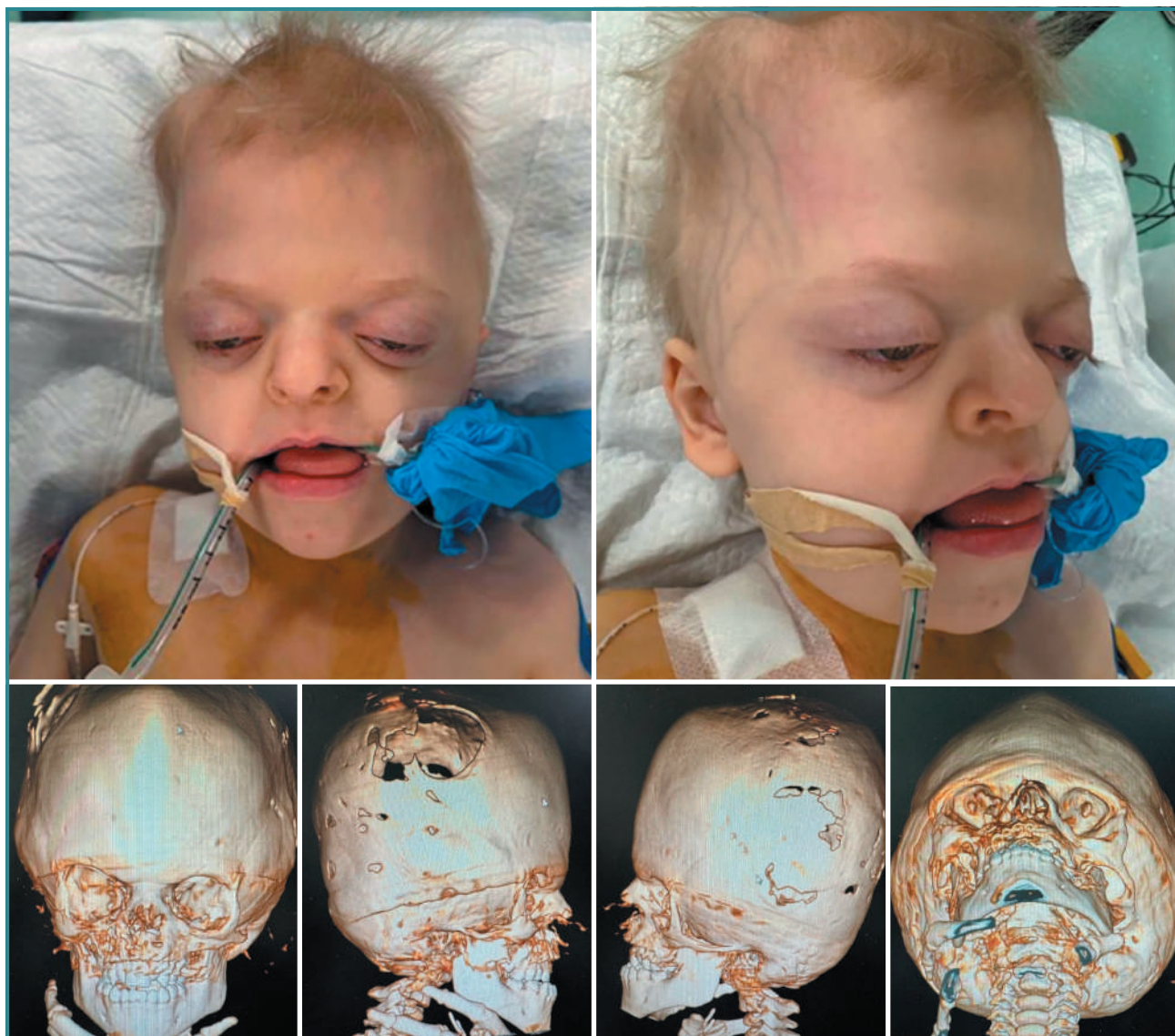


Figure 1. Four-year old patient with Apert syndrome before surgery in March 2024. Brachycephaly, turricephaly, exophthalmia, midface hypoplasia, inverted bite, and right parietal encephalocele

Before surgery, in December 2023, a craniofacial workshop was organized to initiate interactions between French and Ukrainian (Dr Holubchenko, Dr Plavskyi) teams. The workshop (Fig. 2) consisted in performing fronto-orbital advancements (FOA) for 2 cases of anterior plagiocephaly and trigonocephaly. The models had been produced using a J735 Stratasys 3D printer at PRIM3D, the central 3D printing platform of Assistance Publique — Hôpitaux de Paris. Even though FOA does not involve the midface and is simpler than FFMBA, the workshop was an interesting opportunity to initiate the professional interactions between the French and Ukrainian teams.

Furthermore, during the weeks before surgery, the surgical material required for FFMBA was screened with the OHMATDYT team. Regarding instruments, the composition of the “craniofacial” and “craniotomy” sets of Necker-Enfants Malades Hospital (Fig. 3, 4) were sent to the Kyiv OR nurses. Rowe forceps were required on top of these two sets. In addition to surgical instruments, the following devices were necessary: craniotome, oscillating saw, reciprocating saw, midface titanium osteosynthesis, “neuroscrews” (screws with blunt tip to avoid dural tears) for distractor fixation and absorbable rivets, also for distractor fixation. The distractors themselves, namely fronto-orbital and temporozygomatic Arnaud-Marchac KLS Martin devices, were provided by the French team as they were not available in Ukraine in March 2024.



Figure 2. Craniofacial workshop on 3D-printed models in Kyiv, December 2023, with Dr Holubchenko and Dr Plavskyi

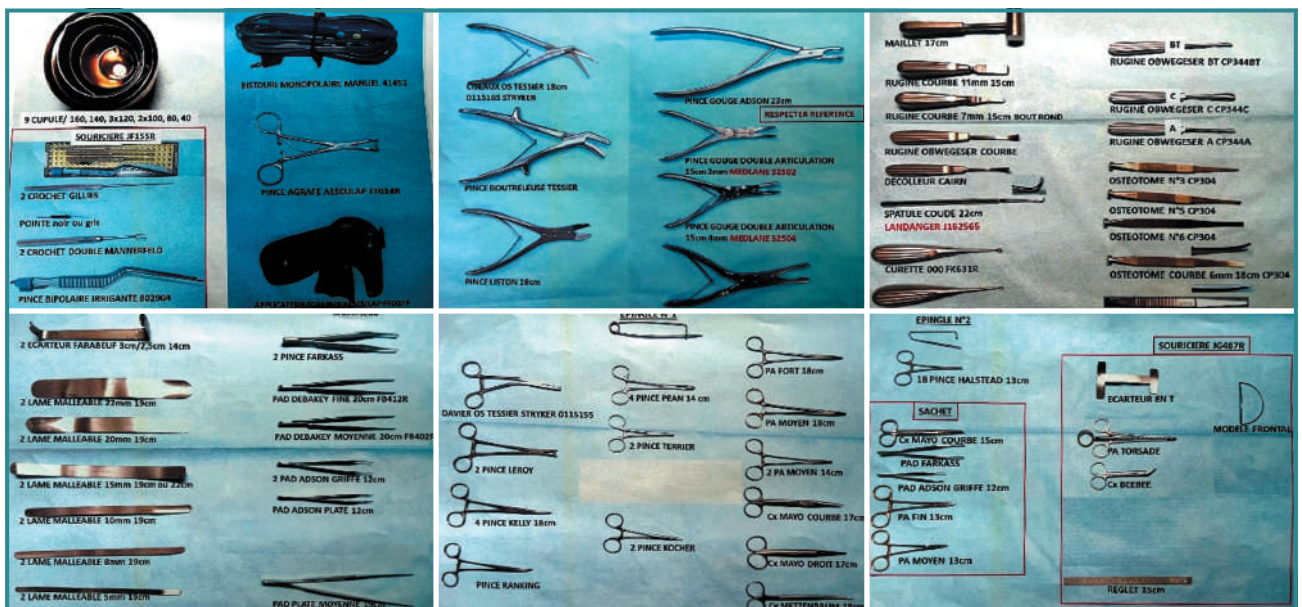


Figure 3. Craniofacial set of instruments used in Necker-Enfants Malades Hospital



Figure 4. Craniotomy set of instruments used in Necker-Enfants Malades Hospital

Regarding anesthesiologic specificities, the case was discussed with the Necker-Enfants Malades intensive care team and instructions were suggested to the Ukrainian team. Notably, it was recommended to start transfusion early during the procedure, shortly after incision. We also decided to prescribe antibiotics (cefazoline and metronidazole) from the beginning of the procedure until the 3rd post-operative day, in contrast with the protocol of the Paris team, to minimize the infection risk. The patient was prepared for surgery with one arterial line and central line. The installation of the patient was conducted as close as possible to the setting of the Necker-Enfants Malades team, although a bridge table was missing (Fig. 5, 6). More precisely, the head of the child was positioned on a horseshoe headrest and shoulders were elevated using a gel pad. Another gel pad under the thighs prevented the child from sliding down during the procedure. The intubation tube was sutured to the lower jaw to avoid extubation during craniofacial disjunction and bilateral tarsorrhaphies were performed to minimize post-operative chemosis.

The incision followed the previous zigzag incision performed for posterior vault expansion. Supra-periosteal dissection allowed reaching the surface of the temporal mus-

cles, the root of the nose, and the superior orbital rims. The surface of the temporal muscles was scrapped using a large raspatory to locate a plane that avoided injuries to the frontal branches of the facial nerve. The roof and the lateral walls of the orbits were then dissected, causing bleeding in the upper portion of the inner orbital wall, requiring bone waxing. Of note, the exposition of the forehead bone was performed by preserving two rectangular periosteal flaps with large pedicles to be used for anterior skull base reconstruction (Fig. 7).

The inner aspect of the lateral orbital wall was also dissected, with freeing the periosteal adherences at the level of the fronto-sphenoid suture. A horizontal incision of the temporal muscle was performed, perpendicular to the axis of the lateral orbital wall, using a monopolar, to prepare the Tessier maneuver. This maneuver consisted in inserting a raspatory along the lateral orbital wall, subperiosteally, until its tip reached the surface of the zygoma. A rotation movement then allowed to open the temporal muscle and expose the zygomatic arch (Fig. 8).

After the Tessier maneuver, the temporal muscles were elevated to expose the infra-temporal fossa and the external aspect of the lateral orbital wall. The temporal muscle was



Figure 5. Organization of the OR in OHMATDYT (Kyiv) during the first fronto-facial monobloc advancement in March 2024

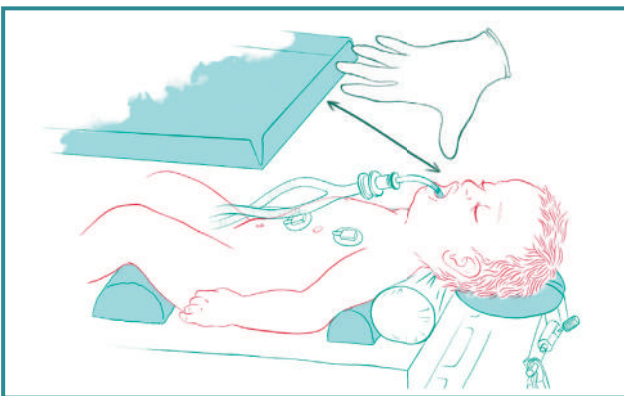


Figure 6. Installation of the patient as recommended by the Necker-Enfants Malades craniofacial team, with the position of the bridge table relative to the patient (from Arnaud et al., 2023)

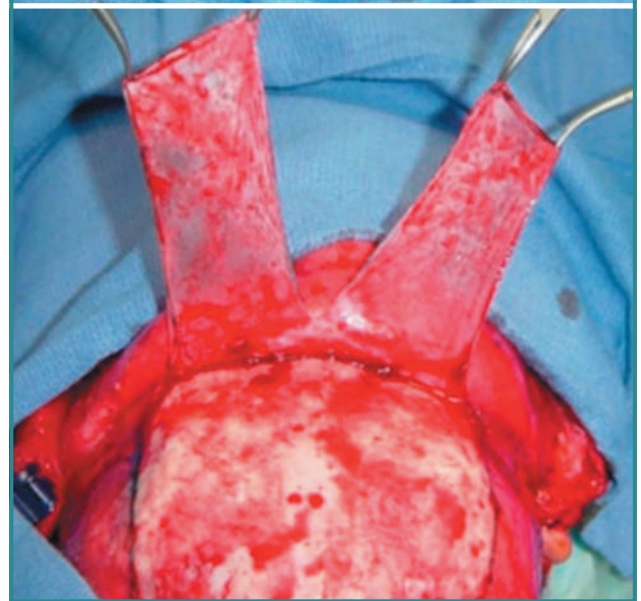
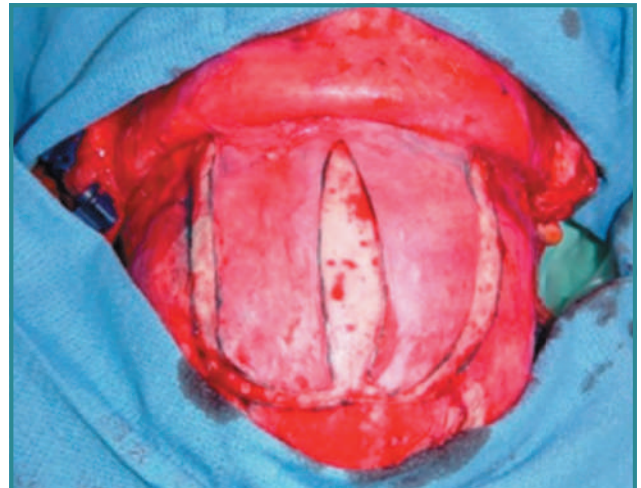


Figure 7. Two frontal periosteal flaps used for skull base reconstruction (from Arnaud et al., 2023)

also incised along its posterior basal border to allow its anterior rotation at the end of the procedure.

The design of the osteotomies involved (Fig. 9):

- the native forehead without major remodeling,
- the bandeau, about 1 cm in height, with long (5 cm) temporal tongue and grooves,
- two lateral coronal bone pieces,
- the section of the zygomatic arches (not seen in Fig. 9).

The forehead was harvested using a round burr for craniotomies and a craniotome for linear osteotomies. Numerous craniotomies were necessary due to the very irregular inner surface of the forehead bone, as it is commonly found in syndromic craniosynostoses with a history of raised ICP. The tongue and groove osteotomies were performed using an oscillating saw for the vertical osteotomy (where the fronto-orbital distractor will be positioned) and an alternative saw for the two parallel horizontal osteotomies. The orbital osteotomies were performed using the alternative saw and a curved osteotome (Fig. 10). Specific care was taken to perform the lateral orbital wall osteotomy (Fig. 10B) deep enough in the orbit to avoid fractures during craniofacial disjunction and distraction, but without creating a wide lateral sphenoidal blade that could cause an anterior translation of the globe during post-operative advancement. This point is specifically relevant in Apert syndrome where orbits are shallow (Khonsari et al., 2016; Way et al., 2019).

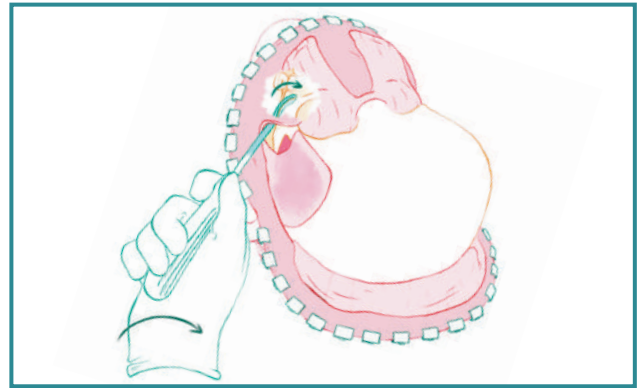


Figure 8. The Tessier maneuver: exposition of the zygomatic arch, the lateral orbital floor, and the lateral surface of the zygoma from the coronal approach. The Tessier maneuver required a horizontal incision of the temporal muscle perpendicular to the lateral wall of the orbit (from Arnaud et al., 2023)

The anterior skull base was then sectioned starting from the edges of the lesser wing of the sphenoid bone towards the midline. The protection of the temporal lobe in the temporal fossa during this osteotomy was very important, as the patient, as most children with syndromic craniosynostoses, had temporal lobe malformations, increasing the risks for dural breaches (Fig. 11).

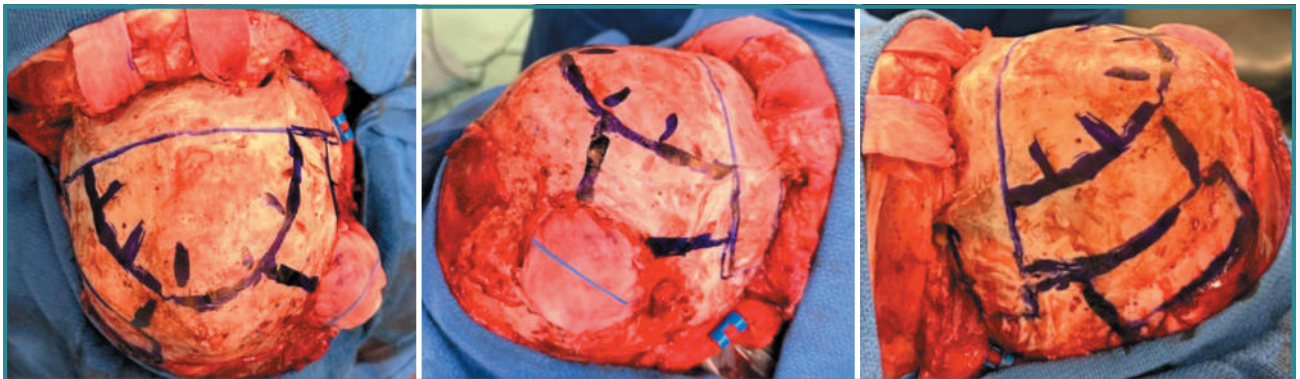


Figure 9. Osteotomy design with the bandeau, the native forehead, the two coronal bone pieces and the temporal tongue and groove. Of note, a monocortical bone graft was harvested on the left parietal bone, behind the coronal band, to repair the right parietal encephalocele

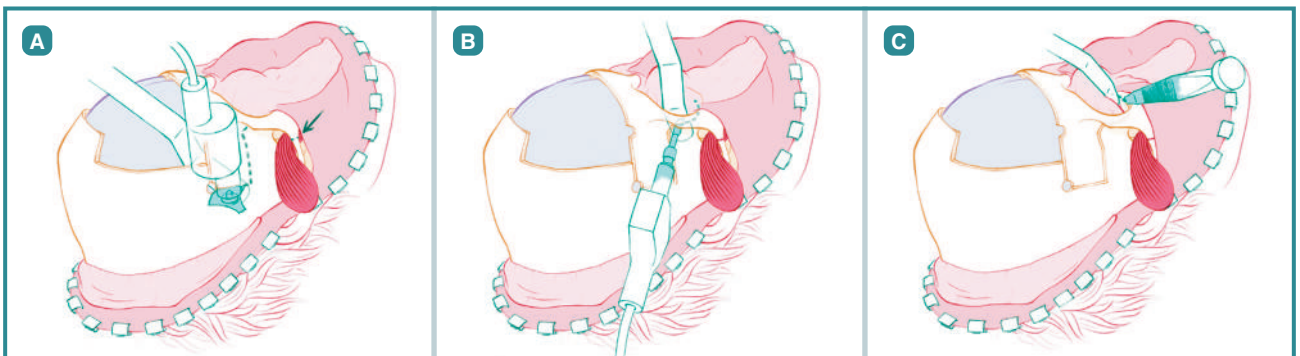


Figure 10. A) The vertical section of the tongue and groove design was performed using the oscillating saw to prepare the positioning of the fronto-orbital distractor. The zygomatic arches were sectioned using the alternative saw. B) The lateral orbital wall and the lateral part of the orbital wall were sectioned using the alternative saw. C) The medial part of the orbital floor and the lower part of the medial orbital wall were sectioned using a curved osteotome. For these steps, a specific instrument can be very useful, combining a retractor, a light source and a suction, but this tool was not available in Ukraine in March 2023 (from Arnaud et al., 2023)

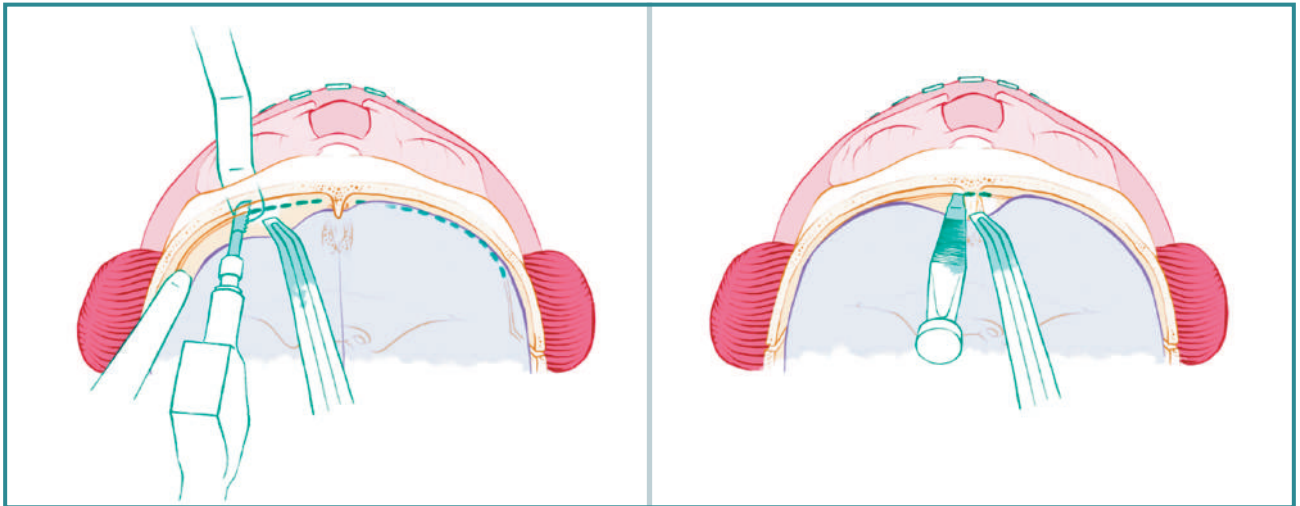


Figure 11. Anterior skull base osteotomy using an alternative saw, from the posterior border of the lesser wing of the sphenoid towards the midline, with a malleable positioned in the temporal fossa to protect the brain. The midline osteotomy, performed using a curved osteotome, established a connection between the ethmoid and the intracranial cavity (from Arnaud et al., 2023)

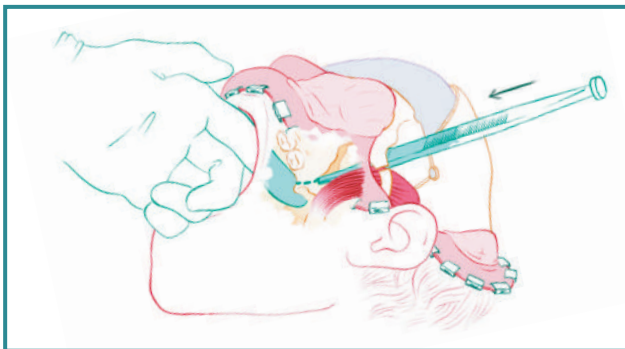


Figure 12. Pterygomaxillary disjunction using an infratemporal approach (from Arnaud et al., 2023)

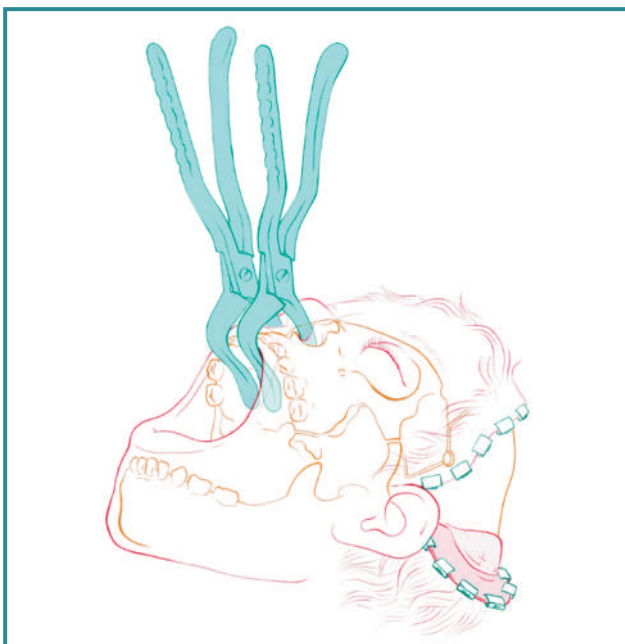


Figure 13. Craniofacial disjunction using Rowe forceps. The surgeon must stand at the head of the patient and visualize the midline of the anterior skull base (from Arnaud et al., 2023)

After the circumferential orbital osteotomies and the anterior skull base osteotomy, the only remaining zones of attachment of the face to the skull were the pterygomaxillary junctions. Pterygomaxillary disjunctions were performed using an infratemporal approach and were aggressive, as the junction in young children is fibrous and, in contrast with Le Fort 1 osteotomies, the detachment must extend higher towards the skull base (Fig. 12).

The final step of the osteotomy part of the procedure consisted in a full craniofacial disjunction using Rowe forceps (Fig. 13). In case of resistance to disjunction, the four following zones must be checked for incomplete osteotomies: pterygomaxillary junction, pterion, zygomatic arches, and lower internal angle of the orbit.

After craniofacial disjunction, the ethmoid had a large opening into the intracranial cavity. To decrease the risk of pneumocephalus, infection and brain prolapse into the upper airways, the two periosteal flaps raised at the beginning of the procedure were used to seal the anterior skull base (Fig. 14, 15). Tissue glue should be used to cover these two periosteum layers but this product was not available in Ukraine in March 2023. Protein-rich fibrin was used as a replacement of biological glue, obtained by centrifugation from

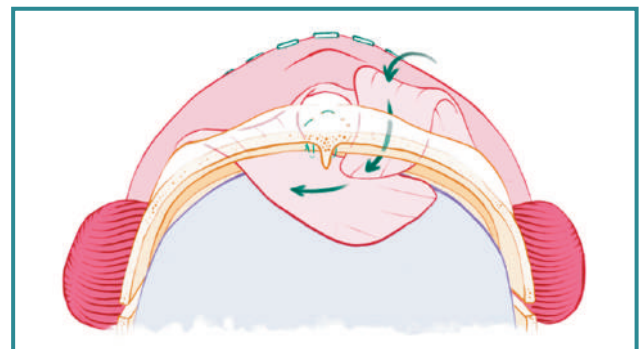


Figure 14. Transorbital insertion of periosteal flaps and suspension to the bandeau. Two layers of periosteum ensured the sealing of the anterior skull base (from Arnaud et al., 2023)

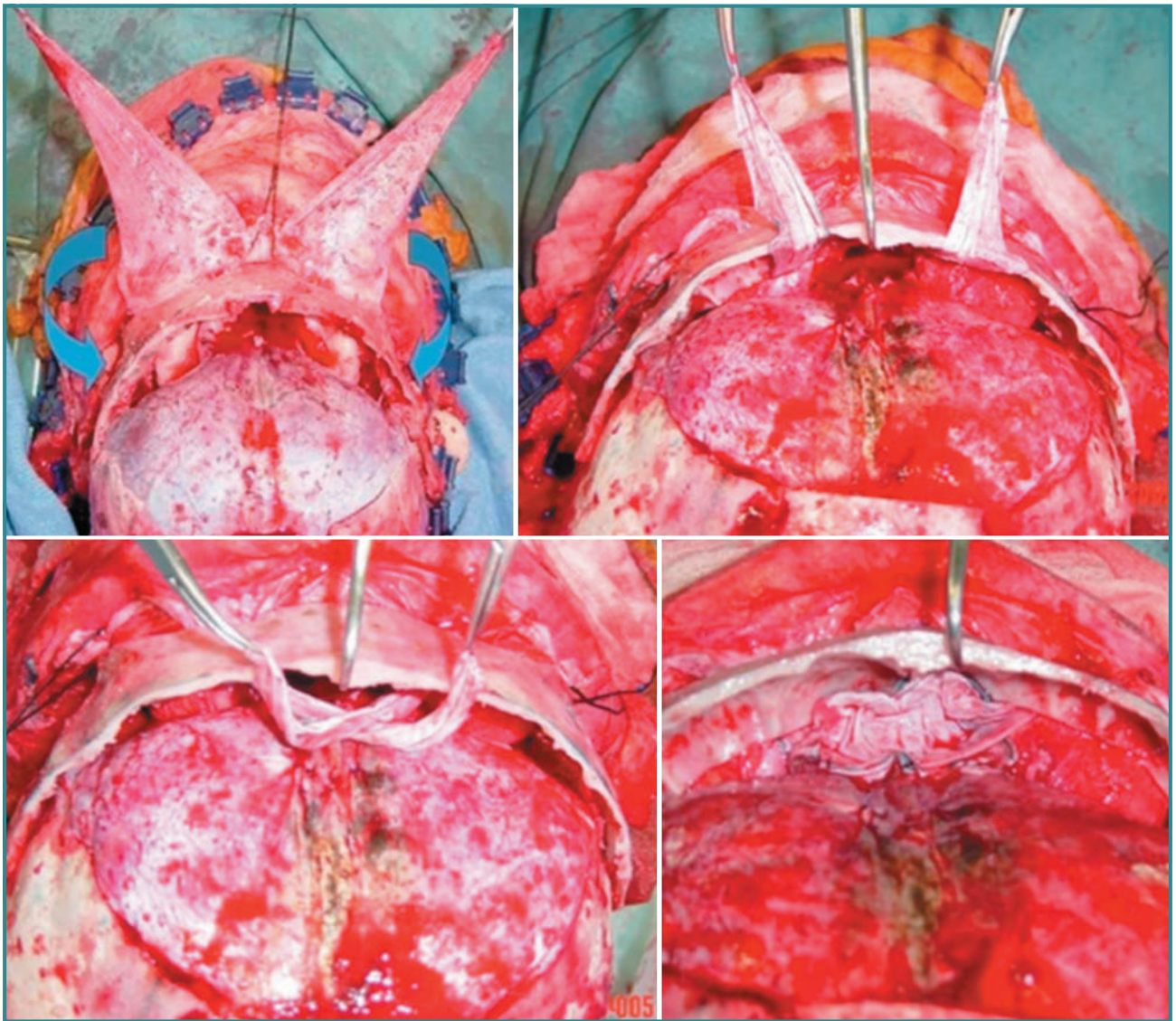


Figure 15. Transorbital insertion of two periosteal flaps and double-layered sealing of the anterior skull base (from Arnaud et al., 2023)

the patient's blood during the procedure. The periosteal flaps were suspended to the bandeau using trans-osseous sutures (Prolène 4.0).

After skull base repair, the fronto-zygomatic suture region was reinforced using standard midface osteosynthesis, as this is an area of mechanical weakness during distraction. The two distractors were then positioned, starting from the temporal distractor on each side. The axis of the temporal distractor was determined based on the direction of the lower osteotomy line of the tongue and groove design (Fig. 16, 17) [12]. As neuroscrews were not available, one standard titanium screw (4 mm) was used for each distractor fixation plate, consolidated by 4 absorbable rivets on each plate.

The axis of the upper, fronto-orbital, distractor was pre-determined as it was positioned along the vertical osteotomy line of the tongue and groove design.

In the specific case of this patient, we repaired the right encephalocele using a mono-cortical left parietal bone graft. A fragment of parietal bone was harvested posterior to the left coronal bone piece (Fig. 9) and split within its thickness. The outer table was saved to be replaced on its original loca-

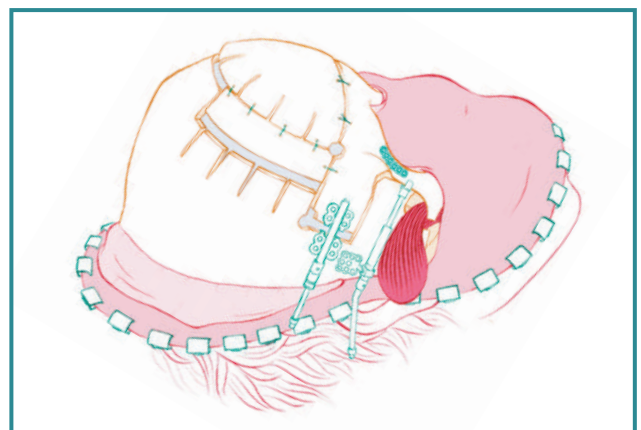


Figure 16. Positioning of the right fronto-orbital and temporo-zygomatic internal distractors. The anterior end of the temporo-zygomatic distractor was positioned low on the lateral orbital rim, a few millimeters above the insertion of the zygomatic arch. The axis of the temporozygomatic distractor was parallel to the lower horizontal osteotomy line of the tongue and groove design (from Arnaud et al., 2023)

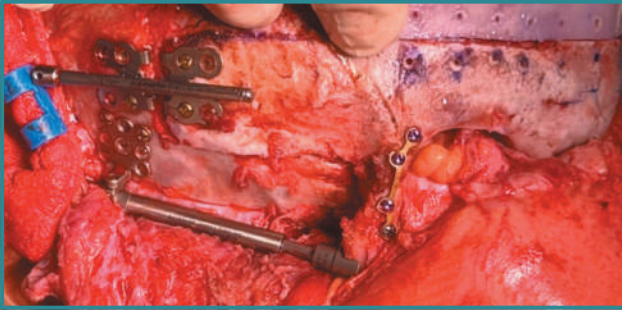


Figure 17. Positioning of the two right internal distractors — fronto-orbital and temporo-zygomatic — fixed using one titanium screw per distractor and absorbable rivets. The temporo-zygomatic distractor was positioned parallel to the lower osteotomy line of the tongue and groove design. A standard midface osteosynthesis plate was positioned over the fronto-zygomatic suture

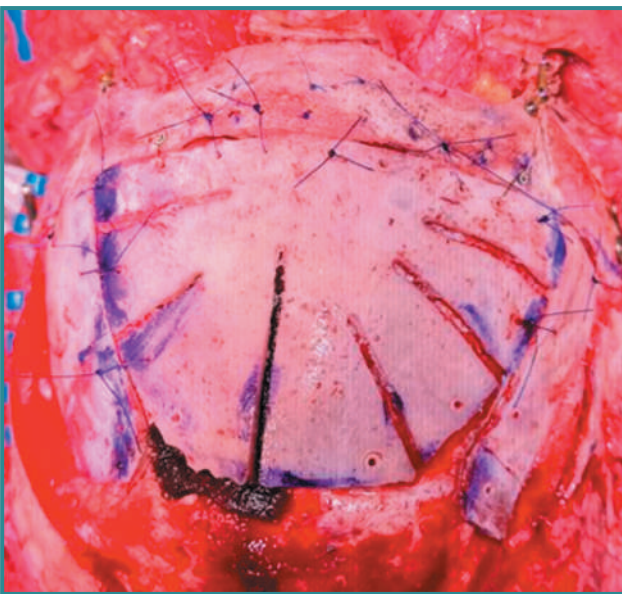


Figure 18. Full frontal construct including the minimally remodeled forehead and the two coronal bands repositioned over the bandeau and attached using PDS sutures and steel wires. The resection of two basal lateral triangles on the forehead allowed a posterior tilt and reduced the retro-frontal dead space

tion and the inner table was used to cover the encephalocele, after dural dissection and the positioning of a large patch of periosteum.

The forehead was reconstructed by adding two coronal bands before repositioning the whole construct on the bandeau. The coronal bands were attached to the forehead using PDS sutures. The forehead itself was remodeled in a minimal way: 1) petalisation to adapt its curvature and 2) removal of two lateral basal triangular bands to induce a posterior tilt, partially correcting the brachycephaly and contributing to minimize the retro-frontal dead space (Fig. 18).

The full construct including the minimally remodeled forehead and the two coronal bands was repositioned over the bandeau and attached using a combination of PDS suture and steel wires.

Bilateral lateral canthopexies were performed after forehead repositioning using thick (2.0) non-adsorbable monofilament sutures. These canthopexies involved the suspensions of the inferior tarsal cartilage to the lateral orbital rim (Fig. 19, 20).

One of the last steps of the procedure involved the anterior rotation and the suspension of the temporal muscles using PDS sutures to minimize temporal hollo-

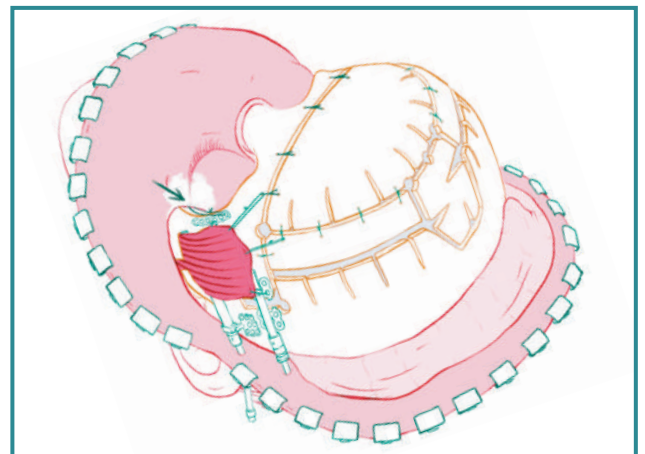


Figure 19. Anterior rotation of the temporal muscle and anchoring of the lateral canthopexy to the fronto-zygomatic osteosynthesis plate (arrow) (from Arnaud et al., 2023)



Figure 20. A) Before external canthopexy: down slanting palpebral fissures. B) The needle inserted from the coronal approach exited lateral to the external canthus. C) After grabbing the inferior tarsal cartilage, the needle was reinserted and the suture was suspended to the lateral orbital rim, more precisely to the fronto-zygomatic osteosynthesis plate (from Arnaud et al., 2023)

wing (Fig. 19). Skin closure was performed over two drains without aspiration using absorbable skin sutures only (Vicryl Rapide 4.0), followed by a non-compressive dressing. Nasal conformers were positioned using sections of an intubation catheter without balloon and fixed to the septum with a thick (2.0) braided suture (Fig. 21). A nasogastric tube was inserted through the left nasal conformer. The procedure lasted 6 hours in total and involved a multidisciplinary team (Fig. 22).

After surgery, patient was transferred to the intensive care unit (ICU). The patient was extubated one hour after arriving in the ICU. The early post-operative period was marked by CSF rhinorrhea at day one, tackled by three daily consecutive lumbar puncture that evacuated 15 ml of otherwise clear and sterile liquid. The leak was resolved after the second puncture at day three after surgery. Dressing and

tarsorrhaphies were also removed at day three. Cefazolin and metronidazole were continued until day 4 postoperatively. A subanesthetic dose of ketamine and a minimal dose of morphine were stopped on day 5. Paracetamol and ibuprofen were used symptomatically. The French team left Ukraine at day five after surgery and the patient was discharged from ICU at this time, with the central catheter removed. The nasogastric tube was also removed at this time with progressive sufficient oral intake. Distraction was initiated one week after surgery, at a rate of 1 turn every day (0.5 mm) on each of the four distractors. The distraction process was uneventful and lasted for twelve days (Fig. 23). The activators were sectioned after the completion of distraction and the child was discharged.

During this period, daily discussions were held between the Ukrainian and French teams using a dedicated chat



Figure 21. Immediate post-operative aspect with dressing and bilateral nasal conformation. Tarsorrhaphies aimed at preventing chemosis and were removed at day 3 after surgery



Figure 22. After the first fronto-facial monobloc advancement with the French and Ukrainian teams (from left to right): Dr Shkolnyi Stanislav, Dr Pavlo Plavskyi, Prof Roman H. Khonsari, Prof Andrii Kopchak, Dr Oleh Holubchenko, Dr Tetiana Pavlychuk

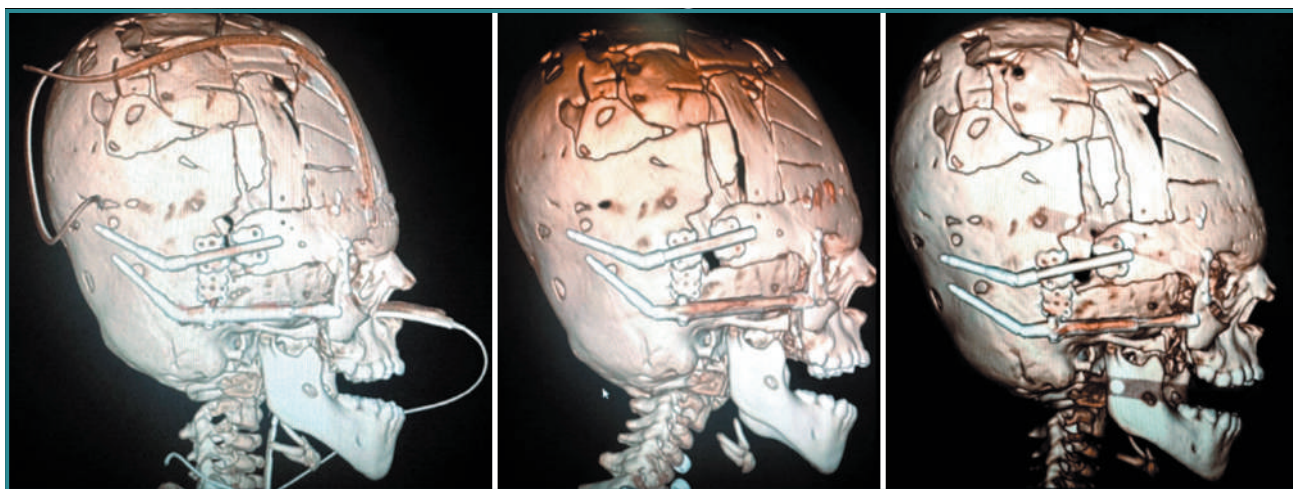


Figure 23. Progression of craniofacial advancement during the first week of distraction, initiated 7 days after surgery at the rate of 0.5 mm per day. Satisfactory facial advancement associated with partial correction of brachycephaly. Intracranial views showed satisfactory brain re-expansion associated with forehead advancement

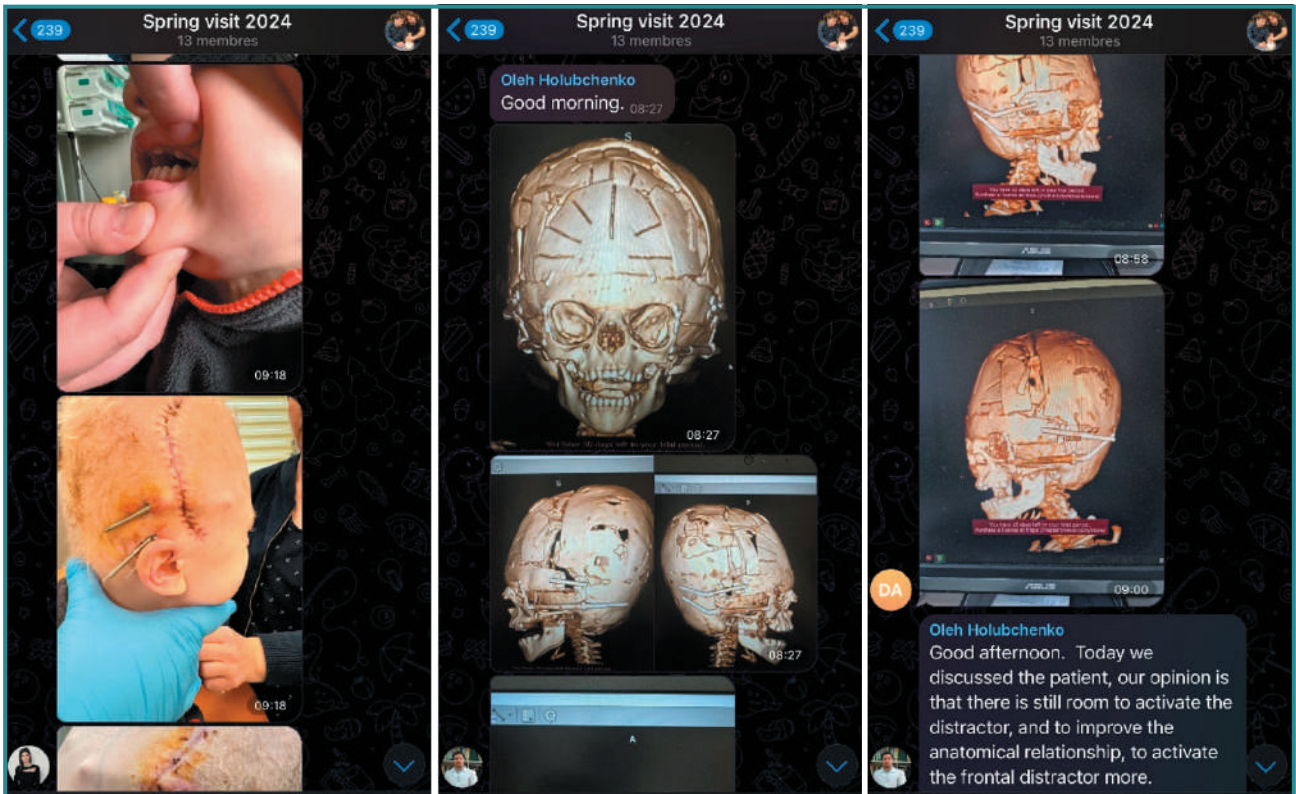


Figure 24. Three examples of chat discussions between the French and Ukrainian team during the distraction process in March 2024

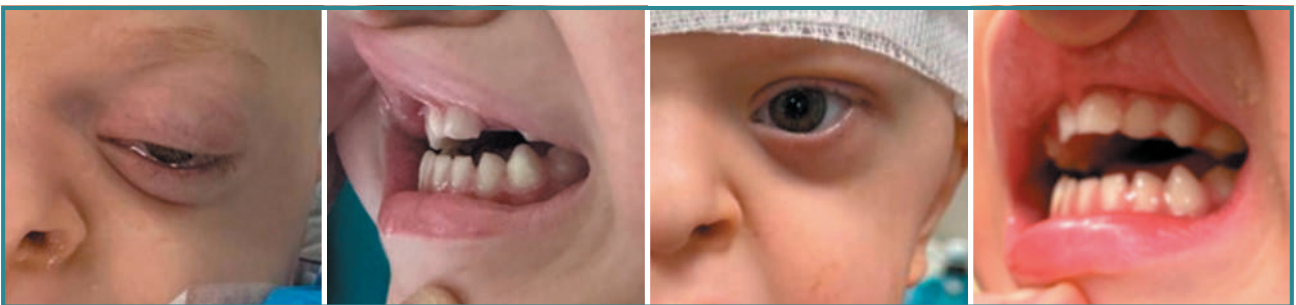


Figure 25. Correction of exorbitism and inverted bite before surgery (left) and after one week of distraction (right). The inverted slant of the palpebral fissure was corrected by external canthopexies

channel and all decisions were taken together (Fig. 24). At the end of distraction, brain re-expansion was satisfactory, exorbitism was corrected, as well as inverted bite (Fig. 25).

After a period of four months with internal distractors in place, the devices were removed by the French and Ukrainian teams in June 2024, associated with a secondary correction of the right parietal encephalocele that had partially relapsed (fresh dural plasty using periosteum and new fixation of the bone grafts using PDS sutures) (Fig. 26).

Discussion and perspectives

The follow-up of the patient will involve regular fundus examinations until the age of 6 to screen for raised ICP, sleep studies every 2 years until the end of growth to detect OSAS, and orthodontic management from age 8 to monitor transversal and sagittal growth deficiencies of the maxilla. Le Fort III osteotomy will most probably be the next major surgical procedure for this patient, to be performed as late as possible, followed by maxillomandibular osteotomies with



Figure 26. At day 1 after distractor removal and secondary correction of the encephalocele, in June 2024

orthodontic preparation to restore the occlusion, and final esthetical procedures including rhinoplasty, secondary external canthopexies and temporal lipofillings, depending on the demands of the child [1]. In parallel, neurosurgical follow-up will also be required for the management of the potential craniocervical joint anomalies (Chiari malformation, syringomyelia, instability).

This report describes the practical performance of the first FFBMA in Ukraine. Together with Ukrainian and French teams, we have shown that such complex intracranial craniofacial procedures can reasonably be conducted in OHMATDYT Hospital in Kyiv. Nevertheless, the management of syndromic craniosynostoses requires a multidisciplinary team at the local level, and rare disease plans at the regional and national levels to direct the patients to the relevant specialized centers.

At the local level, a functional craniofacial unit qualified to manage syndromic patients should include:

- a core duo of surgeons centralizing patient care with a neurosurgeon and a maxillofacial surgeon,
- trained anesthesiology and ICU teams,
- operating room, ICU, and ward nurses with specific training in craniofacial surgery regarding the management of dressings, neurosurgical complications, post-operative care (nutrition, pressure sores), and distraction,
- a group of associated specialists mandatory for defining surgical indications including trained ENT surgeon, sleep specialist, pediatric neurologist, pediatric ophthalmologist, pediatric neuroradiologist, geneticist, psychologist, and neuropsychologist,
- and ideally a dedicated coordinator organizing monthly multidisciplinary meetings to discuss all complex cases with the whole team.

At the regional and national levels, the care of complex craniosynostoses should take place exclusively in specialized units offering both the required multidisciplinary management and the technical conditions necessary to perform procedures such as FFBMA. Ideally, one team managing complex cases

and three teams managing single-suture cases (scaphocephaly, anterior plagiocephaly, trigonocephaly) would be sufficient to cover the sanitary needs of the Ukrainian territory, with the national reference center being in OHMATDYT Hospital in Kyiv and the regional competence centers in Lviv, Odesa and Kharkiv. This organization could parallel a similar distribution for cleft lip and palate expert centers.

Regarding the future of the collaboration between OHMATDYT Hospital and the Necker-Enfants Malades craniofacial team, the next steps will involve further practical training for different members of the multidisciplinary team (surgeons, anesthesiologists, nurses) based on visits to Kyiv and Paris. Regular meetings with both teams will be organized every 3 months to discuss complex cases. The missing surgical devices will be purchased based on charity support, including a full set of surgical tools (Fig. 3, 4) and internal distractors thanks to a partnership with the manufacturer (KLS Martin, Germany). Furthermore, three topics will be specifically developed in a 3–5-year perspective: sleep medicine, clinical genetics and mutation screening, and research will be promoted, involving a partnership between Université Paris Cité and Bogomolets University.

Craniofacial surgery is a field with many scientific challenges regarding the choice of procedures and their schedule [13]. The current report is focused on sharing protocols applied in Necker-Enfants Malades Hospital, one of the most active craniofacial centers in the world. Soon, with the development of clinical research with the OHMATDYT team and its involvement in international clinical projects, dedicated protocols more adapted to local imperatives will most probably be developed.

After the recent Russian attacks on OHMATDYT Hospital, international collaborations and the development of Ukrainian expertise centers in highly specialized fields such as craniofacial surgery are crucial to maintain long-term perspectives and anticipate the future of Ukraine as a European country involved in multicentric scientific and medical projects. In this context, the craniofacial team of OHMATDYT

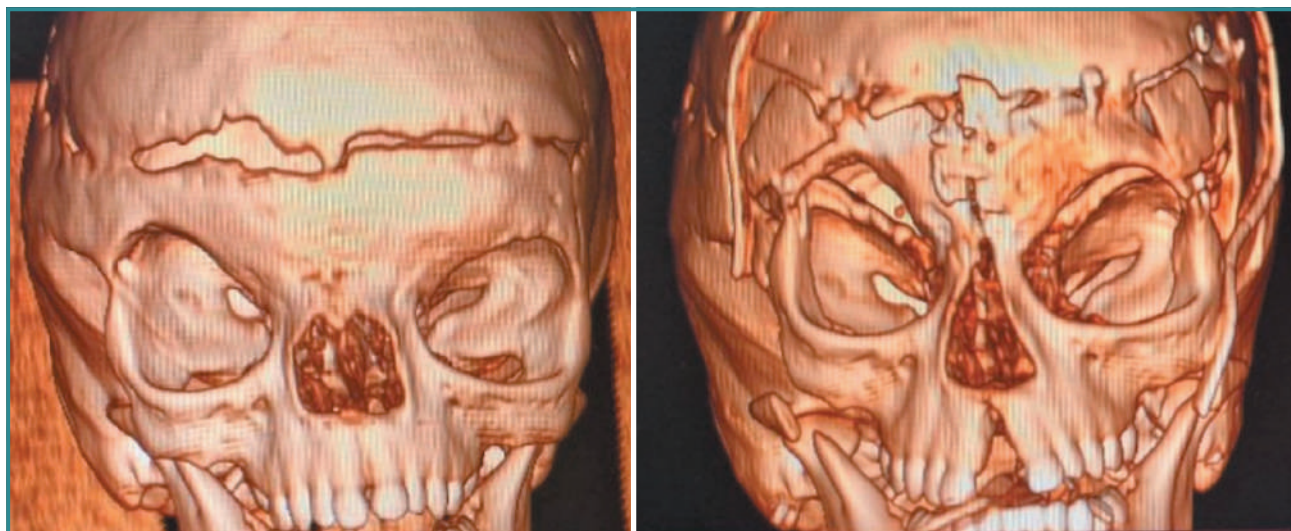


Figure 27. Facial bipartition in a 2.5-year-old child with craniofrontonasal dysplasia, who previously had benefited from frontal remodeling for the correction of anterior plagiocephaly due to unicoronal synostosis. Case operated in June 2024 as the second complex intracranial craniofacial surgery performed in OHMATDYT Hospital by French and Ukrainian teams

Hospital will join the European Reference Network for rare and/or complex craniofacial anomalies and ear, nose and throat disorders (ERN CRANIO) in 2024 as a first step to a permanent involvement in EU initiatives for rare diseases.

Conclusions

This report confirms that complex intracranial craniofacial procedures such as FFMBA can be performed in OHMATDYT Hospital in Kyiv. Since this first case in March 2024, a second intracranial craniofacial case (facial bipartition for craniofrontonasal dysplasia in a 2.5-year-old child, Fig. 27) has been performed in June 2024 in safe conditions with good outcome.

The purpose of the collaboration between OHMATDYT Hospital and Necker-Enfants Malades Hospital is to support the creation of a functional multidisciplinary team managing all complex Ukrainian cases and federating a network of three other regional craniofacial centers involved in the care of simpler cases such as single-suture craniosynostoses. This goal could be achieved in a 5-year perspective, with the inclusion of the Ukrainian team into the EU networks supporting the treatment of patients with rare diseases.

Acknowledgements

Special thanks to the International team of Assistance Publique — Hôpitaux de Paris led by Dr Florence Veber for supporting and financing the French missions to OHMATDYT Hospital. Thanks to Cassandra Vion for the surgical illustrations of FFMBA initially published in Arnaud et al., 2023. Thanks to all the staff of OHMATDYT Hospital and to its director Dr Volodymyr Zhovnir for allowing us to work in his institution. Thanks to Anastasiya Magerramova for her support and promotion of our project. This work is dedicated to the memory of Dr Svitlana Lukianchuk, killed in the Russian attacks on OHMATDYT Hospital on July 8, 2024.

References

1. Arnaud E, Paternoster G, Khonsari RH, Haber SE. *Fronto-facial monobloc advancement with internal distraction — Tactics and strategy in faciocraniosynostosis*. Berlin: Springer; 2023. 320 p.
2. Arnaud E, Di Rocco F. *Faciocraniosynostosis: monobloc frontofacial osteotomy replacing the two-stage strategy? Childs Nerv Syst*. 2012;28:1557-1564.

3. Khonsari RH, Way B, Nysjö J, Odri GA, Olszewski R, et al. *Fronto-facial advancement and bipartition in Crouzon-Pfeiffer and Apert syndromes: Impact of fronto-facial surgery upon orbital and airway parameters in FGFR2 syndromes*. *J Craniomaxillofac Surg*. 2016;44:1567-1575.
4. Way BLM, Khonsari RH, Karunakaran T, Nysjö J, Nyström I, et al. *Correcting exorbitism by monobloc frontofacial advancement in Crouzon-Pfeiffer syndrome: an age-specific, time-related, controlled study*. *Plast Reconstr Surg*. 2019;143:121e-132e.
5. Khonsari RH, Haber S, Paternoster G, Fauroux B, Morisseau-Durand MP, et al. *The influence of fronto-facial monobloc advancement on obstructive sleep apnea: An assessment of 109 syndromic craniosynostoses cases*. *J Craniomaxillofac Surg*. 2020;48:536-547.
6. Arnaud E, Marchac D, Renier D. *Reduction of morbidity of the frontofacial monobloc advancement in children by the use of internal distraction*. *Plast Reconstr Surg*. 2007;120:1009-1026.
7. Morice A, Paternoster G, Ostertag A, James S, Cohen-Solal M, et al. *Anterior skull base and pericranial flap ossification after frontofacial monobloc advancement*. *Plast Reconstr Surg*. 2018;141:437-445.
8. Landart M, Benichi M, James S, Arnaud E, Paternoster G, Khonsari RH. *Frontal bone resorption after fronto-facial monobloc advancement in FGFR-related craniosynostoses: predictive factors*. *Plast Reconstr Surg*. (in the press).
9. Kogane N, Hennocq Q, Collet C, Touze R, Arnaud E, et al. *Optic nerve elongation during fronto-facial monobloc advancement with internal distraction in Crouzon syndrome: 3D quantification and clinical implications*. *J Neurochir Ped*. (in the press).
10. Sicard L, Hounkpevi M, Tomat C, James S, Paternoster G, et al. *Dental consequences of pterygomaxillary dysjunction during fronto-facial monobloc advancement with internal distraction for Crouzon syndrome*. *J Craniomaxillofac Surg*. 2018;46:1476-1479.
11. Bouaoud J, Hennocq Q, Paternoster G, James S, Arnaud E, Khonsari RH. *Excessive ossification of the bandeau in Crouzon and Apert syndromes*. *J Craniomaxillofac Surg*. 2020;48:376-382.
12. Guerin J, Hennocq Q, Paternoster G, Arnaud E, Khonsari RH. *Distraction position and distraction amplitude in fronto-facial monobloc advancement: a case series*. *J Stomatol Oral Maxillofac Surg*. 2024 (in the press).
13. Rickart AJ, van de Lande LS, O'Sullivan E, Bloch K, Arnaud E, et al. *Comparison of internal and external distraction in fronto-facial monobloc advancement: a three-dimensional quantification*. *Plast Reconstr Surg*. 2023;152:612-622.

Received 06.08.2024

Revised 14.09.2024

Accepted 27.09.2024 ■

Information about authors

Holubchenko O., Maxillofacial Surgeon, Department of Pediatric Reconstructive Microsurgery, OHMATDYT National Specialized Children's Hospital, Kyiv, Ukraine; e-mail: oleggolubchenko1@gmail.com; <https://orcid.org/0009-0001-2104-6222>

Plavskiy P., Pediatric Neurosurgeon, Head, Division of Pediatric Neurosurgery, OHMATDYT National Specialized Children's Hospital of Ministry of Health of Ukraine; e-mail: dr.plavskiy@kidsneuro.net; <https://orcid.org/0009-0007-4689-7078>

Voloshchuk O., Pediatric Neurosurgeon, Division of Pediatric Neurosurgery, OHMATDYT National Specialized Children's Hospital of Ministry of Health of Ukraine; e-mail: voloshchuk@ukr.net; <https://orcid.org/0000-0002-6280-2792>

Garkusha A., Pediatric Neurosurgeon, Division of Pediatric Neurosurgery, OHMATDYT National Specialized Children's Hospital of Ministry of Health of Ukraine; e-mail: dr.garkusha@gmail.com; <https://orcid.org/0009-0004-3995-3957>

Kolodka I., Maxillofacial Surgeon, Department of Pediatric Reconstructive Microsurgery, OHMATDYT National Specialized Children's Hospital, Kyiv, Ukraine; e-mail: Kolodka.ihor@gmail.com; <https://orcid.org/0009-0003-4497-6320>

Shkolnyi S., Pediatric Anaesthesiologist, Department of Pediatric Anesthesiology and Intensive Care Medicine with ECMO, OHMATDYT National Specialized Children's Hospital, Kyiv, Ukraine; e-mail: Ctason95@gmail.com; <https://orcid.org/0009-0009-9142-4151>

Kopchak A., Head of the Department of Maxillofacial Surgery and Innovative Dentistry, Bogomolets National Medical University, Kyiv, Ukraine; e-mail: kopchak@ua.fm; <https://orcid.org/0000-0002-3272-4658>

Pavlychuk T., Assistant professor, PhD, Department of Maxillofacial Surgery and Innovative Dentistry, Bogomolets National Medical University, Kyiv, Ukraine; tanyapavlychuk17@gmail.com; <https://orcid.org/0000-0003-2962-4223>

Khonsari R.H., Professor, Department of Maxillofacial Surgery and Plastic Surgery, Necker-Enfants Malades Hospital, Assistance Publique — Hôpitaux de Paris, Paris, France; roman.khonsari@gmail.com; <https://orcid.org/0000-0002-0649-1432>

Conflicts of interests. Authors declare the absence of any conflicts of interests and own financial interest that might be construed to influence the results or interpretation of the manuscript.

Голубченко О.¹, Плавський П.¹, Волощук О.¹, Гаркуша А.¹, Колодка І.¹, Школьний С.¹, Копчак А.², Павличук Т.², Khonsari R.H.³

¹ НДСЛ МОЗ України «ОХМАТДИТ», м. Київ, Україна

² Національний медичний університет імені О.О. Богомольця, м. Київ, Україна

³ Necker-Enfants Malades Hospital, Assistance Publique — Hôpitaux de Paris, Paris, France

Перше в Україні лобно-лицеве висування моноблоком: розвиток краніофасціальної хірургії в лікарні «ОХМАТДИТ» (Київ)

Резюме. Лобно-лицеве висування моноблоком (ЛЛВМ) є ключовою процедурою в лікуванні синдромних краніосиностозів — групи рідкісних черепно-лицевих вад розвитку, що можуть бути пов'язані з остаточними візуальними, когнітивними та морфологічними порушеннями, якщо вчасно не надати допомогу пацієнтам. Основне завдання ЛЛВМ — усунути підвищений внутрішньочерепний тиск, екзофтальм, обструктивне апное під час сну та порушення прикусу (III клас) за одну процедуру. Цей підхід вимагає спільної роботи щелепно-лицевих і нейрохірургів у рамках спеціалізованої черепно-лицевої багатопрофільної команди. Напрямок дитячої черепно-лицевої хірургії був розроблений на основі новатор-

ських робіт Пола Тесьє пластичним хірургом українського походження Даніелем Маршаком разом із нейрохірургом Домініком Реньє. У статті йдеться про підготовку, виконання, спостереження та результати першого ЛЛВМ, виконаного в Україні, що розкриває подальшу перспективу для створення мультидисциплінарної команди черепно-лицевої хірургії в лікарні «ОХМАТДИТ» у Києві. Також це партнерство має певний символізм у спробі Росії знищити лікарню «ОХМАТДИТ» 8 липня 2024 року.

Ключові слова: краніофасціальна хірургія; військова хірургія; Україна; лобно-лицеве висування; інтенсивна терапія; синдромний краніосиностоз

УДК 617.7-007:612.8(615.2)

DOI: <https://doi.org/10.22141/aomfs.1.1.2024.6>Венгер Л.В.¹, Коновалова Н.В.¹, Іваницька О.В.¹, Храменко Н.І.², Гузун О.В.², Журавок Ю.О.^{1,2}¹ Одеський національний медичний університет, м. Одеса, Україна² ДУ «Інститут очних хвороб і тканинної терапії імені В.П. Філатова НАМН України», м. Одеса, Україна

Клінічний випадок morning glory syndrome

Резюме. Актуальність. Рідкісна вроджена патологія, синдром в'юнка, або синдром ранкового с'яйва (англ. *morning glory syndrome*), є ліycopодібною екскавацією заднього полюса очного яблука із залученням диска зорового нерва. **Мета роботи:** навести клінічний випадок рідкого захворювання та продемонструвати можливість лікування функціональних порушень у пацієнта з *morning glory syndrome*. **Матеріали та методи.** У наше дослідження ми включили випадок захворювання у чоловіка з монолатеральним синдромом *morning glory*. Проведено повне комплексне офтальмологічне обстеження. **Результати.** Аномалія *morning glory* являє собою вроджене ліycopодібне поглиблення перипапільярної сітківки та зорового нерва із залученням диска зорового нерва, яке пов'язане з аномаліями ока та головного мозку. Характерні зміни очного дна: збільшений, втягнутий диск зорового нерва з білою фіброгліальною тканиною в його центрі. **Висновки.** *Morning glory syndrome* — патологія, патогенез якої досі повністю не вивчений. Захворювання може діагностуватися і в зрілому віці, якщо пацієнти з різних причин не звертаються до офтальмолога.

Ключові слова: *morning glory syndrome*; патологія диска зорового нерва; оптична когерентна томографія; флуоресцентна ангіографія; комп'ютерна томографія орбіти; ресвератрол

Вступ

Morning glory syndrome (синдром ранкового с'яйва), або синдром в'юнка, — рідкісна вроджена патологія, ліycopодібна екскавація заднього полюса очного яблука із залученням диска зорового нерва (ДЗН). Збільшені кровоносні судини, що оточують деформований диск зорового нерва, нагадують пелюстки квітки іпомеї (в'юнка), що визначило іншу назву синдрому [1]. Вперше про цей синдром згадали W. Reis в 1908 р. зі співавторами, які описали характерну аномалію очного дна, порівнявши її з ранковим с'яйвом. У 1970 р. P. Kindler опублікував статтю з описом 10 випадків схожої патології, що нагадувала квітку пурпурового в'юнка, яка розпустилася. Згодом отримані дані було порівняні з дослідженнями M. Handmann і P. Kindler, було зроблено висновок про те, що автори описали ту ж саму аномалію [1, 2].

Патологія зустрічається рідко, тому у більшості публікацій описуються окремі клінічні випадки. Точний патогенез *morning glory syndrome* не встановлено [3].

Екскавація може статися або в результаті неправильно-го закриття ембріональної щілини на 6-му тижні внутрішньоутробного життя, або в результаті первинного дефекту мезенхімальної тканини, що призводить до вад розвитку склери, судин і центральної глії і, таким чином, бере на себе появу варіанта колобоми зорового нерва [4]. Дослідження на основі оптичної когерентної томографії (ОКТ) продемонстрували наявність аномального зв'язку між субарахноїдальним та субретинальним просторами. Відповідно до цих даних було висловлено припущення про аномалію первинного нейроектодермального розвитку з дилатацією термінального стебла зорового нерва, за якою слідує вторинна постнатальна мезенхімальна аномалія [5, 6]. Існує припущення, що синдром виникає через мезенхімальну аномалію внаслідок збільшення перипапільярної мережі [7]. Були запропоновані дві основні теорії: теорія скорочення м'язів, яка приписує скорочення гетеротопічним гладким м'язам задньої частини склери, і теорія балан-

© «Архів офтальмології та щелепно-лицевий хірургії України» / «Archive of Ophthalmology and Maxillofacial Surgery of Ukraine», 2024

© Видавець Заславський О.Ю. / Publisher Zaslavsky O.Yu., 2024

Для кореспонденції: Коновалова Наталія Валеріївна, доктор медичних наук, професор, кафедра загальної, дитячої та військової хірургії з курсом урології та офтальмології, Одеський національний медичний університет, Валіховський провулок, 2, м. Одеса, 65082, Україна; e-mail: kvnkonovalova@gmail.com; тел.: +380 (67) 663-57-79

For correspondence: Natalia Konovalova, MD, DSc, PhD, Professor, Department of General, Children and Military Surgery with a Course of Urology and Ophthalmology, Odessa National Medical University, Valikhovskiy lane, 2, Odessa, 65082, Ukraine; e-mail: kvnkonovalova@gmail.com; phone: +380 (67) 663-57-79

Full list of authors information is available at the end of the article.

су тиску, яка передбачає потік рідини через аномальні співустя між субаракноїдальним простором та юкстапапілярним субретинальним простором [8].

Повідомляється, що поширеність синдрому становить 2,6 на 100 000 чоловік. У США це захворювання зустрічається рідше у чорношкірих людей. Частіше за все захворювання одностороннє. При спадковому анамнезі зазвичай процес двосторонній (біля 65 %). Ураження обох очей спостерігається приблизно в 16 % випадків. Зазвичай синдром діагностується у віці двох-п'яти років. Це пов'язано з недостатньою усвідомленістю, оскільки пацієнти частіше проживають у сільській місцевості і мають більш низький соціально-економічний статус [9–11].

Характерною ознакою morning glory syndrome є лійкоподібна екскавація сосочка зорового нерва, велике сосочкове поглиблення, що поширюється на весь диск зорового нерва, з центральною ділянкою білої гліальної тканини та перипапільною хоріоретинальною пігментацією. Кровоносні судини звужені та розташовані радіально. Збільшена кількість прямих судин сітківки, що відходять від краю диска, також можна побачити перипапільну пігментацію. Термін «захоплення макули» використовується, коли в екскавацію залучена макула. Також були описані скорочення зорового нерва, які пояснюються наявністю міофібробластів у сосочках. Через одностороннє ураження в більшості випадків можна відзначити аферентний дефект зіниці [10, 12, 13]. Аномалія morning glory може бути частиною інших системних аномалій і синдромів, хоча вона не є специфічним генетичним захворюванням. Найбільш вірогідними є виявлення трансфеноїдального базального енцефалоцеле та вад розвитку середньої зони обличчя. Трансфеноїдальне енцефалоцеле являє собою випинання менінгеального мішка через дефект клиноподібної кістки і часто включає перехрест зорових нервів і гіпоталамус. Іноді спостерігається серединна ущелина м'якого піднебіння з візуалізацією внутрішньоротового поширення енцефалоцеле. Синдром morning glory може асоціюватися з аномаліями певних структур ока (ко-

лобома кришталика, стійка гіперплазія склоподібного тіла), сфенофарингеальним менінгоенцефалоцеле, лобово-носовою дисплазією та хворобою Коатса, мікрофтальмом [4, 13, 14].

Zou зі співавторами провели аналіз ехографічних вимірювань очей з синдромом morning glory у великій когорті, у якій виявили фактори ризику та прогноз захворювання [15, 16]. Лікування цієї аномалії немає. Однак важливо оптимізувати гостроту зору, щоб запобігти амбліопії.

Мета нашого дослідження — навести клінічний випадок та продемонструвати можливість лікування функціональних порушень у пацієнта з morning glory syndrome.

Матеріали та методи

У наше дослідження ми включили випадок захворювання у чоловіка з монолатеральним morning glory syndrome.

Проведено повне комплексне офтальмологічне обстеження з визначенням максимально коригованої гостроти зору, комп'ютерну периметрію, ОКТ, флуоресцентну ангіографію (ФАГ), В-сканування, реоофтальмографію (РОГ).

Результати та обговорення

Хворий Г., 1972 р.н. Гострота зору правого ока 0,6 некор., лівого ока 0,3 некор. При обстеженні очного дна правого ока: диск зорового нерва блідо-рожевий, блідіше зі скроневого боку, артерії звужені, у зоні макули посилені рефлексії. За ходом судин сітківка ішемізована (рис. 1А).

Виявлена однотипна картина очного дна лівого ока: диск зорового нерва значно збільшений у діаметрі і розташовується у воронкоподібній западині, блідий, має білясту ділянку в центрі, що являє собою персистуючі гліаліди залишки, які складають і обідок навколо диска. У макулярній зоні вогнища вторинної дегенерації. Кількість судин диска зменшена, вони знаходяться ближче до країв лійки, перегинаючись у перипапільній ділянці. Судини сітківки мають надзвичайно прямий хід

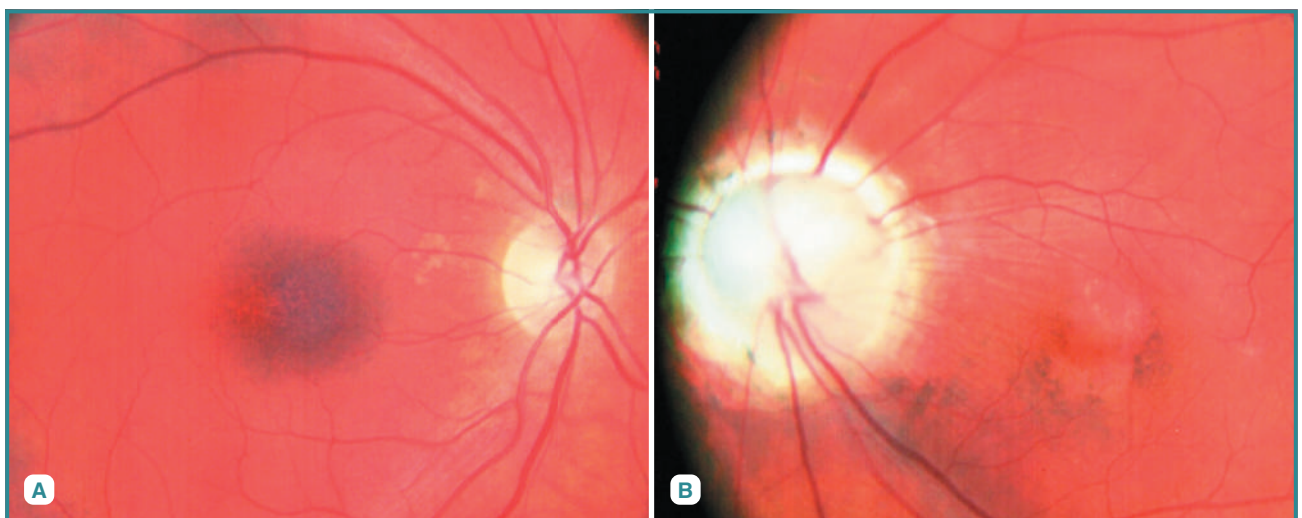


Рисунок 1. Фото очного дна пацієнта Г., правого (А) та лівого (В) ока

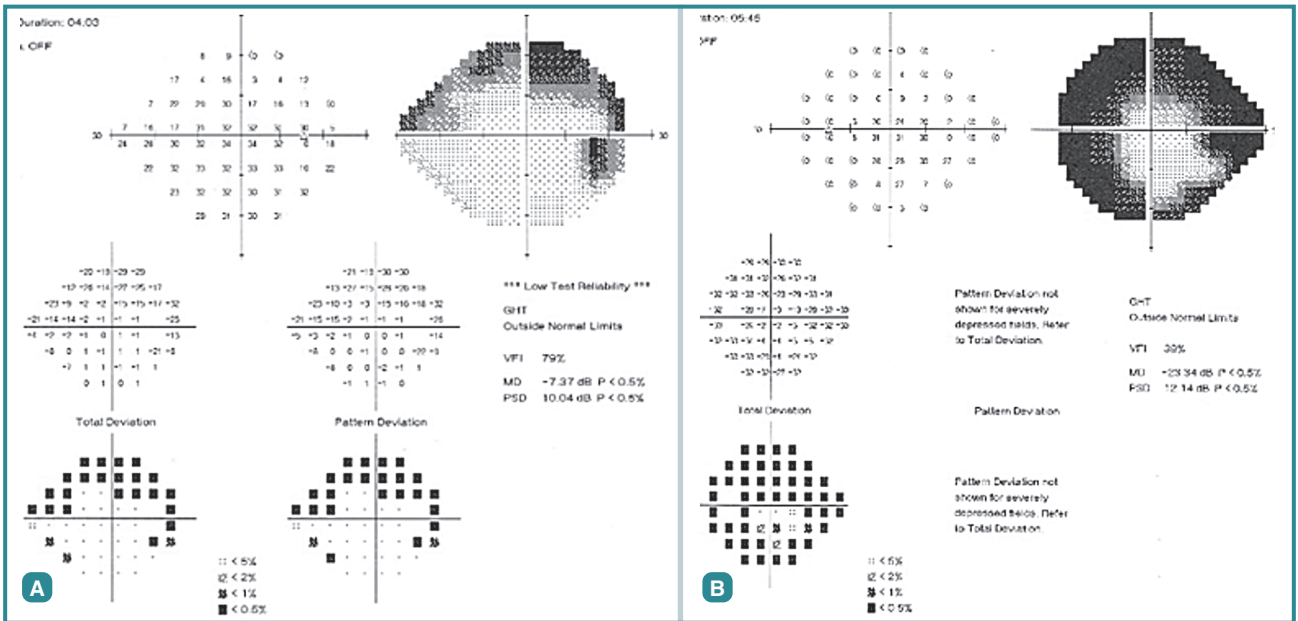


Рисунок 2. Комп'ютерна периметрія хворого Г., правого (А) та лівого (В) ока

і поділяються під гострим кутом. Великі судини сітківки беруть початок від периферичного краю оптичного диска, радіально простягаючись до перипапільної сітківки аномально прямим шляхом, і приховані в центрі пучком фіброглії (рис. 1В).

Комп'ютерна периметрія правого ока (24°): парацентриально дугоподібна депресія (дефект шарів нервових волокон) у верхній половині поля зору (рис. 2А); лівого ока (24°): спостерігається концентричне звуження поля зору до 10–15° від точки фіксації (рис. 2В).

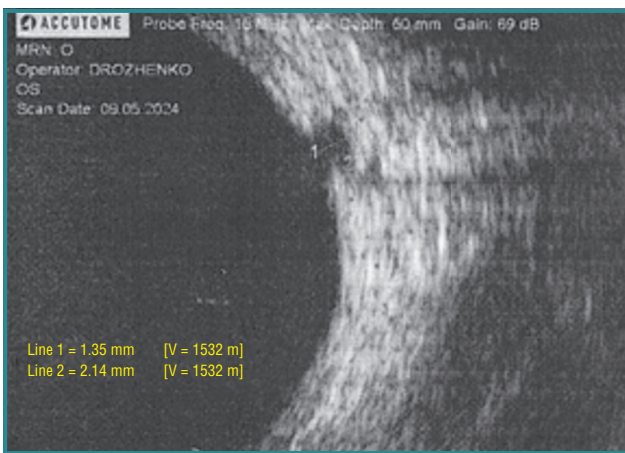


Рисунок 3. В-сканування лівого ока хворого Г.

При В-скануванні лівого ока виявлено наявність у вітреоретинальній порожнині гіпоехогенної структури, хоріоретинальний шар прилягає, виражена гетерогенна промінення в зоні ДЗН та навколо диска зорового нерва, П-подібна колобома диска глибиною 1,35 мм, завширшки 2,14 мм, у задньому відділі склери — ліycopодібна деформація (рис. 3).

При флуоресцентній ангиографії правого ока значних змін не відмічено; на лівому оці відзначаються прогресивне забарвлення перипапільної зони в активній фазі та гіперфлуоресценція диска зорового нерва і вогнищ вторинної дегенерації макули (рис. 4В).

За даними ОКТ, на правому оці змін сітківки в макулярній ділянці не виявлено (рис. 5А); на лівому оці спостерігаються зниження загального об'єму ретинальної тканини у ділянці макули, деформації вітреоретиналь-

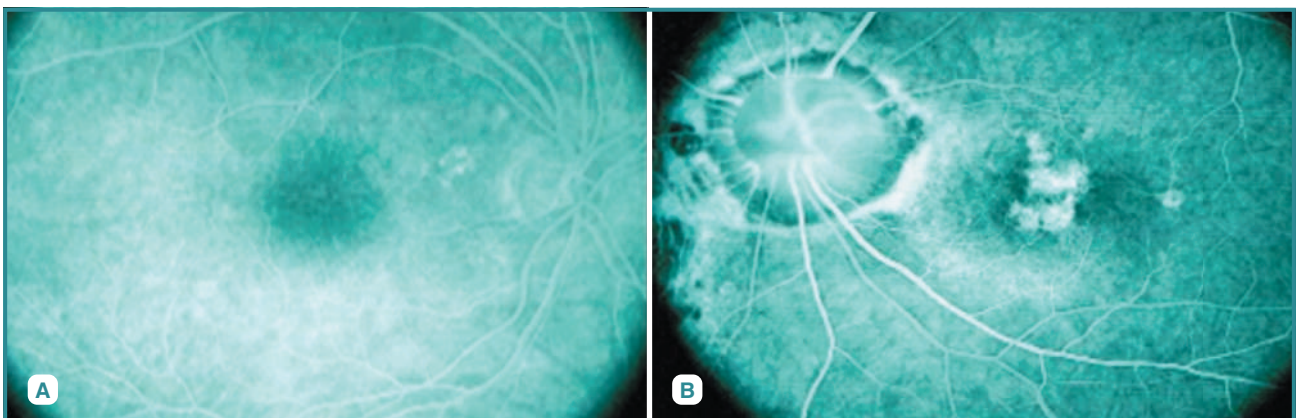


Рисунок 4. ФАГ хворого Г., правого (А) та лівого (В) ока

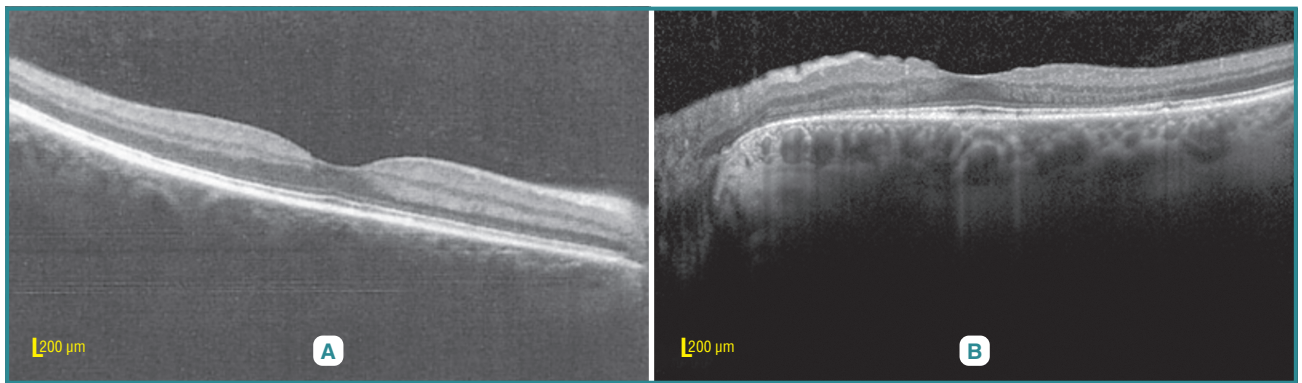


Рисунок 5. ОКТ макулярної ділянки хворого Г., правого (А) та лівого (В) ока

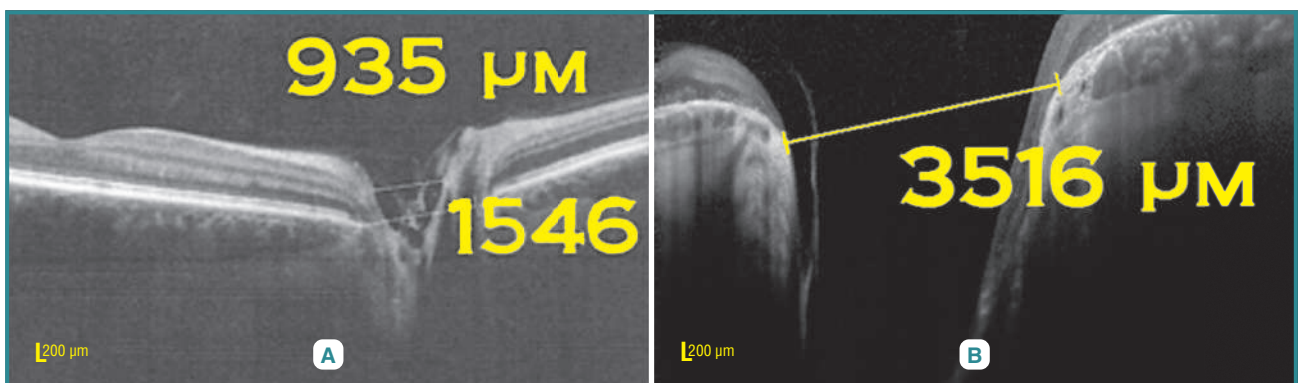


Рисунок 6. ОКТ ДЗН хворого Г., правого (А) та лівого (В) ока

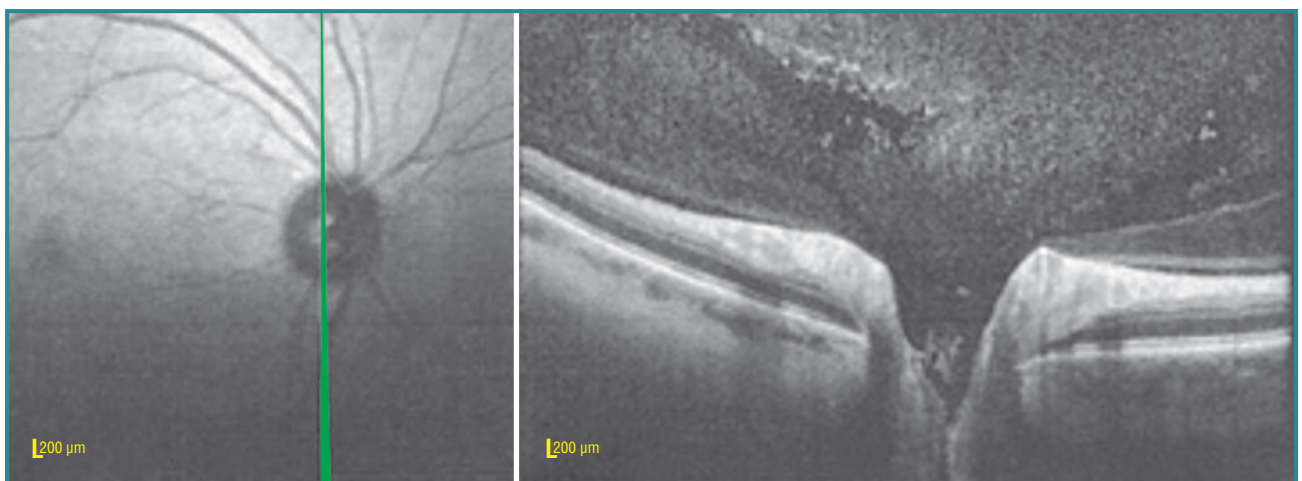


Рисунок 7. ОКТ ДЗН правого ока хворого Г.

ного інтерфейсу у назальному сегменті, потоншення сітківки у периферичних відділах нижніх сегментів ділянки макули (рис. 5В).

Що стосується ОКТ ДЗН правого ока, то відмічений діаметр його становить 1,55 мм (рис. 6А), а лівого ока — збільшений до 3,52 мм, тобто практично вдвічі більший за середньостатистичний (1,8 мм) (рис. 6В).

Також на ОКТ ДЗН правого ока виявлені пререти-нальні зміни склоподібного тіла (рис. 7).

На КТ-сканах орбіти розташовані симетрично з нор-мальним розвиненням орбітального конуса, ділянок кісткової структури не визначається. Очні яблука симетричні. Вміст очних яблук щільністю 10 од. Н, стінка

рівномірна, чіткість контура збережена. Зоровий нерв правої орбіти простежується без видимих особливостей у ретробульбарному сегменті до 0,5 см, у середині очниці до 0,32 см. Зоровий нерв лівої орбіти: по нижньому контуру в задньому його відділі визначається вузлове утворення до 0,5 × 0,3 см, щільність речовини +2... +61 од. Н. Окорухові м'язи без видимих змін з обох боків. Ретробульбарна клітковина та очна вена без особливостей.

За даними РОГ, об'ємне пульсове кровонаповнення як правого, так і лівого ока (показник RQ) становило 1,2 ‰, що суттєво нижче за вікову норму (показник RQ в нормі становить 3,2 ‰).

Вроджені аномалії ока є проблемою як у дослідженнях, так і в клінічній практиці. Наразі ми все ще маємо неточні дані щодо їх патофізіології.

Частка двосторонніх випадків, за даними літератури, становить 16 %, має широкий спектр очних асоціацій з косоокістю та ускладненнями сітківки. Пізня діагностика має поганий зоровий прогноз [13, 17].

При morning glory syndrome гострота зору може змінюватись від нормальної (1,0) до рахунку пальців, залежно від ступеня аномалії зорового нерва. При несприятливому прогнозі гострота зору пацієнтів становить близько 0,1 [18]. У нашому спостереженні гострота зору становила 0,3 некор., це дозволяє припустити, що прогноз сприятливий. У пацієнтів часто спостерігають явища лейкокорії чи косоокості [13, 17]. У нашого хворого подібних симптомів не було.

Колобома зорового нерва, на відміну від morning glory syndrome, зазвичай виглядає як біле поглиблення, що захоплює нижню частину і поширюється на судинну оболонку та сітківку. Колобоми зорового нерва також позбавлені центрального гліального пучка та перипапільної пігментації, що спостерігаються при аномаліях morning glory. Важливо диференціювати колобоми від аномалії диска morning glory, оскільки колобоми зорового нерва можуть бути пов'язані з такими системними синдромами, як вади серця, атрезія хоан, затримка росту, аномалії сечостатевої системи та аномалії вуха. Колобома зорового нерва характеризується великою екскавацією, яка зазвичай децентрована вниз, що відповідає положенню ембріональної щілини. Екскавація може затягувати прилеглу сітківку і судинну оболонку. Верхній нейроретинальний обідок нормальний, а нижній витончений. У багатьох публікаціях відзначається підвищений ризик розвитку в ураженому оці таких розладів, як відносний аферентний дефект зіниці, персистуюча гіперплазія первинного склоподібного тіла, залишки гіалоїдної артерії, відшарування сітківки, вроджена катаракта, задній лентиконус і гемангіома [19–21].

При функціональних дослідженнях можуть бути виявлені дефекти поля зору: збільшення сліпої плями та/або щільна центральна скотома [22–24]. Але в нашому клінічному випадку спостерігалось концентричне звуження поля зору до 10–15°.

Перипапільна стафілома — це виїмка диска зорового нерва, при якій диск видно в нижній частині виїмки. Його можна відрізнити від аномалії morning glory за відсутністю центрального гліального пучка та нормальної судинної мережі сітківки.

Частою знахідкою при магнітно-резонансній томографії є аномалії калібру іпсилатерального зорового нерва та хіазми [25, 26]. У нашому випадку таких змін не було.

Флуоресцентна ангіографія, за даними багатьох авторів, показує гіпофлуоресценцію в центрі диска, численні радіальні судини та можливі перипапільні зміни навколо диска зорового нерва у вигляді плямистої флуоресценції [15]. She та співавтори повідомили про значну поширеність неперфузійної периферичної сітківки і запропонували приділяти більше уваги

цьому аспекту у пацієнтів з morning glory syndrome [27]. У нашого пацієнта на лівому оці відзначаються прогресивне забарвлення перипапільної зони в активній фазі та гіперфлуоресценція диска зорового нерва і вогнищ вторинної дегенерації макули. Ці дані можуть бути основоположними для розробки вдосконаленого підходу до лікування цих хворих для збереження зорових функцій та якості життя. Близько 45 % пацієнтів з цим діагнозом мають асоційовані цереброваскулярні аномалії, які підтверджують гіпотезу про первинний мезенхімальний дефект [28]. У нашому дослідженні ми на обох очах визначили зниження показника об'ємного пульсового кровонаповнення ока за даними РОГ в 2,7 рази від вікової норми, що також було пов'язано зі стоншенням судинної оболонки за даними ОКТ.

В односторонніх випадках morning glory syndrome необхідний ретельний моніторинг парного ока. На парному оці може розвинути патологія сітківки у вигляді дистрофії, відшарування, катаракти [29]. У нашому випадку ми бачили друзи сітківки на парному оці.

На сьогодні не існує ефективної терапії morning glory syndrome. Однак продовжуються пошуки заходів, які можуть сповільнити прогресування захворювання, базуються на науковому розумінні механізмів, що лежать в основі його патології. У нашому випадку актуальним є профілактика дегенерації макули і заднього полюса на парному оці нашого хворого. Для збереження гостроти зору ми звернули увагу на Ресвега® Форте та Нутроф® Форте. Компоненти формули AREDS довели свою ефективність у менеджменті вікової дегенерації, доведено зменшують ризик прогресування дистрофічних змін. Саме призначення антиоксидантів формули AREDS та AREDS II (де є не лише цинк, вітамін С, Е, але й лютеїн 10 мг та зеаксантин 2 мг) і є аксіомою сучасної офтальмології при віковій макулодистрофії. Тому з огляду на відсутність іншого доведеного патогенетичного лікування ми і рекомендуємо формулу AREDS II, посилену ресвератролом, омега-3 та вітаміном D. Доцільно використовувати каротиноїди лютеїн і зеаксантин, що входять до складу Нутроф® Форте та Ресвега® Форте і які саме і формують макулярний пігмент. У дослідженнях *in vitro* та *in vivo* ресвератрол має безліч корисних впливів та діє на багатьох рівнях, як-от клітинна передача сигналів, ферментативні шляхи, апоптоз та експресія генів, щоб запобігти коронарним пошкодженням серця та дегенеративним захворюванням або боротися з ними [30].

Висновки

Morning glory syndrome — рідкісна вроджена патологія, патогенез якої досі повністю не вивчений. Описаний в нашій роботі випадок свідчить про те, що захворювання часто є односторонньою патологією, яка виявляється у ранньому дитячому віці, але також має місце діагностика в зрілому віці, оскільки зір зберігається високим і пацієнти не звертаються до офтальмолога.

Конфлікт інтересів. Автори заявляють про відсутність конфлікту інтересів та власної фінансової зацікавленості при підготовці даної статті.

Список літератури

- Kindler P. Morning Glory Syndrome: Unusual Congenital Optic Disk Anomaly. *Am J Ophthalmol.* 1970;69(3):376-84. [https://doi.org/10.1016/0002-9394\(70\)92269-5](https://doi.org/10.1016/0002-9394(70)92269-5).
- Handmann M. Erbliche vermutlich angeborene zentrale gliose Entartung des Sehnerven mit besonderer Beteiligung der Zentralgefaesse. *Klin. Monatsbl. Augenheilkd.* 1929;83:145.
- Reis W. Eine wenig bekannte typische Missbildung am Sehnerveneintritt: unbeschriebene Grubenbildung auf der Papilla n. optici. *Z. Augenheilkd.* 1908;19:505.
- Osaguona V.B., Momoh R.O. Morning Glory Syndrome in a Nigerian: A Case Report. *Journal of the West African College of Surgeons.* 2017;7:128-134.
- Jeng-Miller K.W., Cestari D.M., Gaier E.D. Congenital anomalies of the optic disc: Insights from optical coherence tomography imaging. *Curr. Opin. Ophthalmol.* 2017;28:579-586. doi: 10.1097/ICU.0000000000000425;
- Cennamo G., de Crecchio G., Iaccarino G., Forte R., Cennamo G. Evaluation of morning glory syndrome with spectral optical coherence tomography and echography. *Ophthalmology.* 2010;117:1269-1273. doi: 10.1016/j.ophtha.2009.10.045.
- Cennamo G., Rossi C., Ruggiero P., de Crecchio G., Cennamo G. Study of the Radial Peripapillary Capillary Network in Congenital Optic Disc Anomalies with Optical Coherence Tomography Angiography. *Am. J. Ophthalmol.* 2017;176:1-8. doi: 10.1016/j.ajo.2016.12.016.
- Sevgi D.D., Orge F.H. Contractile morning glory disk anomaly: Analysis of the cyclic contractions and literature review. *J. AAPOS.* 2020;24:99.e1-99.e6. doi: 10.1016/j.jaaapos.2020.01.009.
- Loudot C., Fogliarini C., Baeteman C., Mancini J., Girard N., Denis D. Rééducation de la part fonctionnelle de l'amblyopie dans un Morning Glory syndrome. *Journal Français D'Ophthalmologie.* 2007;30:998-1001. [https://doi.org/10.1016/S0181-5512\(07\)79276-8](https://doi.org/10.1016/S0181-5512(07)79276-8).
- Dedhia C.J., Gogri P.Y., Rani P.K. Rare Bilateral Presentation of Morning Glory Disc Anomaly. *BMJ Case Reports.* 2016;2016:bcr2016215846. <https://doi.org/10.1136/bcr-2016-215846>.
- Kouassi F.X., Koman C.E., Diomandé I.A., Somahoro M., Sowagnon T.Y.C., Kra A.N.S., Koffi K.V. Morning Glory Syndrome: A Case Report. *Journal of Ophthalmology.* 2017;2:000129. <https://doi.org/10.23880/OAJO-16000129>.
- Napo Abdoulaye et Sidibe Mohamed Kolé. Le syndrome du soleil levant. *Pan African Medical Journal.* 2017;26:176. <https://doi.org/10.11604/pamj.2017.26.176.11445>.
- Gupta A., Singh P., Tripathy K. Morning Glory Syndrome. [Updated 2023 Aug 25]. In: StatPearls [Internet]. Treasure Island (FL): StatPearls Publishing; 2024 Jan-. Available from: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK580490>.
- Ponnatapura J. Morning glory syndrome with Moyamoya disease: A rare association with role of imaging. *Indian J Radiol Imaging.* 2018 Apr-Jun;28(2):165-168. doi: 10.4103/ijri.IJRI_219_17. PMID: 30050238; PMCID: PMC6038211.
- Zou Y., She K., Hu Y., Ren J., Fei P., Xu Y., Peng J., Zhao P. Clinical and Echographic Features of Morning Glory Disc Anomaly in Children: A Retrospective Study of 249 Chinese Patients. *Front Med (Lausanne).* 2022 Jan 24;8:800623.
- Sawada Y., Fujiwara T., Yoshitomi T. Morning glory disc anomaly with contractile movements. *Graefes Arch Clin Exp Ophthalmol.* 2012;250:1693-5.
- Kumar J., Adenuga O.O., Singh K., Ahuja A.A., Kannan N.B., Ramasamy K. Clinical characteristics of morning glory disc anomaly in South India. *Taiwan J Ophthalmol.* 2020 Oct 19;11(1):57-63.
- Ceynowa D.J., Wickström R., Olsson M., Ek U., Eriksson U., Wiberg M.K., Fahnehjelm K.T. Morning glory disc anomaly in childhood — A population-based study. *Acta Ophthalmol.* 2015;93:626-634. doi: 10.1111/aos.12778. [PubMed] [CrossRef]
- Fattah M.A., Reginald Y.A. Morning Glory Disc Anomaly: A Baby with Strabismus and an Abnormal Optic Disc. In: Heidary G., Phillips P.H. (eds) *Fundamentals of Pediatric Neuro-Ophthalmology.* Springer, Cham, 2023. <https://doi.org/10.1007/978-3-031-16147-6>.
- Zheng S., Cao J.F., Wang X.Y., Wu B., Wang Z.J., Xiao B., Duan J.L., Hu P. Multimodal imaging of morning glory syndrome with persistent hyperplastic primary vitreous. *J. Clin. Ultrasound.* 2023;51:1364-1365. doi: 10.1002/jcu.23562. [PubMed] [CrossRef] [Google Scholar]
- Chen Y.N., Patel C.K., Kertes P.J., Devenyi R.G., Blaser S., Lam W.C. Retinal Detachment and Retrobulbar Cysts in a Large Cohort of Optic Nerve Coloboma. *Retina.* 2018;38:692-697. doi: 10.1097/IAE.0000000000001594.
- Traboulsi E.I. [et al.]. Aniridia, atypical iris defects, optic pit and the morning glory disc anomaly in a family. *Genet.* 1986;7:131-135.
- Safari A. Morning glory syndrome associated with multiple sclerosis. *Iran J. Neurol.* 2014;13(3):177-180.
- Cennamo G., Rinaldi M., Concilio M., Costagliola C. Congenital Optic Disc Anomalies: Insights from Multimodal Imaging. *J Clin Med.* 2024 Mar 6;13(5):1509. doi: 10.3390/jcm13051509. PMID: 38592429; PMCID: PMC10932420.
- Ní Leidhin C., Erickson J.P., Bynevelt M., Lam G., Lock J.H., Wang G., et al. (What's the story) morning glory? MRI findings in morning glory disc anomaly. *Neuroradiology.* 2024 May 8. doi: 10.1007/s00234-024-03375-2.
- Nguyen D.T., Boddart N., Bremond-Gignac D., Robert M.P. Аномалії зорового нерва при аномалії диска іпомеї: дослідження MPT. *J Neuroophthalmol.* 2022;42:199-202.
- She K., Zhang Q., Fei P., Peng J., Lyu J., Li Y., Huang Q., Zhao P. Peripheral Retinal Nonperfusion in Pediatric Patients with Morning Glory Syndrome. *Ophthalmic Surg. Lasers Imaging Retin.* 2018;49:674-679.
- Duval J., Miller S.L., Cheatle E., Tso M.O. Histopathologic study of ocular changes in a syndrome of multiple congenital anomalies. *Am. J. Ophthalmol.* 1987;103:701-705.
- Thuma T.B.T., Procopio R.A., Jimenez H.J., Gunton K.B., Pulido J.S. Hypomorphic variants in inherited retinal and ocular diseases: A review of the literature with clinical cases. *Surv Ophthalmol.* 2024 May-Jun;69(3):337-348. doi: 10.1016/j.survophthal.2023.11.006. Epub 2023 Nov 29. PMID: 38036193.
- Delmas D., Solary E., Latruffe N. Resveratrol, a phytochemical inducer of multiple cell death pathways: Apoptosis, autophagy and mitotic catastrophe. *Curr. Med. Chem.* 2011;18:1100-1121. doi: 10.2174/092986711795029708.

Отримано/Received 02.09.2024
Рецензовано/Revised 13.09.2024
Прийнято до друку/Accepted 22.09.2024 ■

Information about authors

Liudmyla Venger, MD, DSc, PhD, Professor, Department of General, Children and Military Surgery with a Course of Urology and Ophthalmology, Vice-Rector for Medical Work of the Odessa National Medical University, Odessa, Ukraine; e-mail: eyeklinik@i.ua; <https://orcid.org/0000-0001-7847-5557>

Natalia Konovalova, MD, DSc, PhD, Professor, Department of General, Children and Military Surgery with a Course of Urology and Ophthalmology, Odessa National Medical University, Odessa, Ukraine; e-mail: kvkonovalova@gmail.com; phone: +380 (67) 663-57-79; <https://orcid.org/0009-0001-8164-4654>

Olena Ivanytska, PhD in Medicine, Associate Professor, Department of General, Children and Military Surgery with a Course of Urology and Ophthalmology, Odessa National Medical University, Odessa, Ukraine; e-mail: e.vivanitskaya@gmail.com; <https://orcid.org/0009-0002-8696-5569>

Natalia Khramenko, PhD in Medicine, Senior Research Fellow, Associate Professor, Acting Head of the Department of Functional and Diagnostic Study, State Institution "The Filatov Institute of Eye Diseases and Tissue Therapy of the National Academy of Medical Sciences of Ukraine", Odessa, Ukraine; e-mail: khramenkona@gmail.com; phone: +380 (67) 280-40-89; <https://orcid.org/0009-0000-2777-037X>

Olga Guzun, PhD in Medicine, Research Fellow, Department of Studying Biological Action and Application of Lasers in Ophthalmology, State Institution "The Filatov Institute of Eye Diseases and Tissue Therapy of the National Academy of Medical Sciences of Ukraine", Odessa, Ukraine; e-mail: olga.v.guzun@gmail.com; <https://orcid.org/0009-0003-6873-8503>

Yuliya Zhuravok, PhD in Medicine, Assistant, Department of General, Children and Military Surgery with a Course of Urology and Ophthalmology, Odessa National Medical University, Odessa, Ukraine; e-mail: uzhuravok@gmail.com; Ophthalmologist, Division of Microsurgical Treatment of Ocular Tumors, Department of Ophthalmology, State Institution "The Filatov Institute of Eye Diseases and Tissue Therapy of the National Academy of Medical Sciences of Ukraine", Odessa, Ukraine; <https://orcid.org/0009-0007-6020-4469>

Conflicts of interests. Authors declare the absence of any conflicts of interests and own financial interest that might be construed to influence the results or interpretation of the manuscript.

L.V. Venger¹, N.V. Konovalova¹, O.V. Ivanytska¹, N.I. Khramenko², O.V. Guzun², Yu.O. Zhuravok^{1,2}

¹ Odessa National Medical University, Odessa, Ukraine

² State Institution "The Filatov Institute of Eye Diseases and Tissue Therapy of the National Academy of Medical Sciences of Ukraine", Odessa, Ukraine

Clinical case of morning glory syndrome

Abstract. Background. A rare congenital pathology, morning glory syndrome, is a funnel-shaped excavation of the posterior pole of the eyeball involving the optic disc. Aim: to present a clinical case of a rare disease and the possibility of treatment of functional disorders in a patient with morning glory syndrome. **Materials and methods.** In our study, we included a case of a man with unilateral morning glory syndrome. A full comprehensive ophthalmic examination was performed. **Results.** Morning glory anomaly is a congenital funnel-shaped deepening of the parapapillary retina and optic nerve involving the optic disc, which is associated with eye and brain anomalies and is characterized by a syndromic manifestation.

Characteristic changes of the fundus: an enlarged, retracted disc of the optic nerve with white fibroglial tissue in its center. **Conclusions.** Morning glory syndrome is a rare congenital pathology whose pathogenesis is still not fully understood. The case described in this work indicates that the disease is often a one-sided pathology, which is detected in early childhood, but diagnosis also can be made in adulthood, when vision remains high, and patients do not consult an ophthalmologist.

Keywords: morning glory syndrome; optic disc abnormality; optical coherence tomography; fluorescein angiography; computed tomography of the orbit; resveratrol

УДК 616-07:616.8(612.8)

DOI: <https://doi.org/10.22141/aomfs.1.1.2024.7>Пономаренко Ю.В.¹, Гарляускайте І.Ю.², Безкоровайна Л.П.³¹ ТОВ «МЦ «Центр нейродіагностики», м. Київ, Україна² ТОВ «Медгарант», м. Київ, Україна³ Національний медичний університет імені О.О. Богомольця, м. Київ, Україна

Топічна діагностика орофациального болю (клінічний випадок)

Резюме. У статті наведено клінічний випадок 15-річної пацієнтки, яка звернулася зі скаргами на біль у привушно-жувальній ділянці зліва, обмеження відкривання рота, а також іррадіацію болю у скроню, вухо та нижню щелепу зліва. Після первинного обстеження стоматологом-терапевтом пацієнтка була направлена до стоматолога-хірурга для подальшої діагностики. Зважаючи на симптоми та клінічний огляд, було запідозрено міофасціальний синдром больової дисфункції скронево-нижньощелепного суглоба, однак зниження чутливості в ділянці нижньої губи та язика вказувало на можливе ураження трійчастого нерва. Подальше обстеження, включно з електронейроміографією, електроміографією та магнітно-резонансною томографією, виявило ураження лівого нижньощелепного нерва, спричинене наявністю багатокамерного рідинного утворення в проекції інфратемпоральної ямки, яке тиснуло на нерв. Пацієнтку направлено на консультацію до Інституту нейрохірургії ім. акад. А.П. Ромоданова для подальшого лікування. Цей випадок підкреслює важливість міжфахового підходу в діагностиці та лікуванні орофациального болю, особливо у випадках, коли клінічна картина виходить за межі типових симптомів міофасціального синдрому. Вчасне залучення спеціалістів різних напрямків дозволяє точніше визначити етіологію симптомів та розробити відповідну тактику лікування.

Ключові слова: орофациальний біль; диференціальна діагностика; тригерні точки; нервова система; скелетно-м'язова система; психогенні фактори; скронево-нижньощелепний суглоб

Вступ

Диференціальна діагностика орофациального болю є складною проблемою, яка стоїть перед лікарями різних спеціальностей, зокрема стоматологами, неврологами та отоларингологами. Міждисциплінарний підхід є ключовим для точного встановлення діагнозу й ефективного лікування. Труднощі діагностики пов'язані зі складною анатомічною та структурно-функціональною організацією орофациальної ділянки, наявністю великої кількості анастомозів черепно-мозкових нервів та вегетативних гангліїв (симпатичних і парасимпатичних), що обумовлює високу ймовірність перекриття симптомів і складність виявлення першопричини болю [1]. Топічний діагноз орофациального болю ґрунтується на детальному аналізі характеристик больового синдрому, який відрізняється за своїми проявами, як-от характер,

інтенсивність, локалізація, етіологія та можливість іррадіації болю. Диференціальна діагностика передбачає виключення таких причин болю, як інфекції, травми, пухлини або системні захворювання [2]. На першому етапі диференціальної діагностики орофациального болю необхідно визначити тип болю [3]. Другий етап передбачає використання топічної діагностики для точного визначення локалізації патологічного процесу в структурі орофациальної ділянки [4]. При встановленні діагнозу у пацієнта з орофациальним болем слід враховувати класифікацію больових та внутрішньосуглобових розладів скронево-нижньощелепного суглоба (СНЩС), з акцентом на стан і положення суглобового диска, а також на визначення типів міалгій, що можуть супроводжувати больовий синдром [5, 6]. Механізми виникнення орофациального болю включають нервову і скелетно-м'язову

© «Архів офтальмології та щелепно-лицьової хірургії України» / «Archive of Ophthalmology and Maxillofacial Surgery of Ukraine», 2024

© Видавець Заславський О.Ю. / Publisher Zaslavsky O.Yu., 2024

Для кореспонденції: Безкоровайна Лариса Петрівна, лікар-стоматолог, аспірант, кафедра стоматології, Інститут післядипломної освіти, Національний медичний університет імені О.О. Богомольця, бульв. Тараса Шевченка, 13, м. Київ, 01601, Україна; e-mail: larisabp73@gmail.com

For correspondence: Larysa Bezkorovaina, Dentist, PhD-student, Department of Dentistry, Postgraduate Education Institute, Bogomolets National Medical University, Taras Shevchenko boulevard, 13, Kyiv, 01601, Ukraine; e-mail: larisabp73@gmail.com

Full list of authors information is available at the end of the article.

системи, процеси центральної і периферичної сенсibiliзації (зниження больового порогу) та взаємодію між соматичними і психогенними факторами. Патологічні зміни в нервовій системі виникають через пряме пошкодження або подразнення периферичних нервів, що іннервують м'язи і тканини, і можуть бути наслідком компресії, запалення або дегенеративних змін нервових волокон. Надмірне навантаження жувальних м'язів під час стресу може призводити до порушень координації та функціональної м'язової активності, що негативно впливає на використання орофасціальних моторних функцій. У напруженому м'язі формуються латентні, а потім активні тригерні точки (ТТ), що супроводжуються розростанням сполучної тканини, а в подальшому дегенерацією та розрідженням м'язових волокон (мієлогелоз). Пальпація латентної ТТ викликає біль без зниження сили м'яза, тоді як пальпація активної ТТ викликає біль з характерним патерном больової симптоматики і знижує силу ураженого м'яза. Тривале подразнення або пошкодження тканин може спричинити сенсibiliзацію, яка знижує поріг больової чутливості як на рівні периферичних нервів, так і в центральній нервовій системі, що призводить до хронічного болю і підвищеної чутливості

в ураженій зоні. Взаємодія між соматичними і психогенними аспектами може призводити до посилення болю або до розвитку хронічного больового синдрому.

Мета дослідження: проаналізувати послідовність процесу міжфахової консультації при диференціальній діагностиці орофасціального болю на прикладі клінічного випадку, підкресливши важливість додаткових методів обстеження.

Матеріали та методи

Розглянутий клінічний випадок, проаналізована послідовність та ефективність процесу міжфахової консультації. Увага була зосереджена на диференціальній діагностиці орофасціального болю та необхідності застосування додаткових методів обстеження для уточнення діагнозу і оптимізації лікування.

Результати та їх обговорення

Для кращого розуміння орофасціального болю нами були розроблені схема диференціальної діагностики та клінічних ознак орофасціального болю (табл. 1) та діагностичний алгоритм первинного скринінгу орофасціального болю (рис. 1).

Таблиця 1. Диференціальна діагностика та клінічні ознаки орофасціального болю

Больові синдроми	Локалізація болю	Характер болю	Клінічні ознаки	Фармакологічний тест	Наявність чутливих, моторних порушень
1	2	3	4	5	6
Вегетативний лицевий біль — синдром ураження крилопіднебінного вузла	Орбіта, корінь носа, м'яке піднебіння, глотка, верхня щелепа	Постійний, напади підсилення (континуально-пароксизмальний), пекучий, відчуття «розпеченого металу», односторонній, від 2 год до 2 діб	«Вегетативна буря», почервоніння обличчя, слезотеча, ринорея, набряк тканин обличчя; біль виходить за межі зон іннервації трійчастого нерва	Змащення задніх відділів носової порожнини 2,0% розчином лідокаїну з адреналіном призводить до зниження больових відчуттів	Чутливі (гіпералгезія, гіперестезія, алодинія)
Вегетативний лицевий біль — синдром ураження вушного вузла	Між зовнішнім слуховим проходом і головою СНЩС, біля козелка вуха	Постійний, напади підсилення (континуально-пароксизмальний), пекучий, відчуття «розпеченого металу», односторонній, від 2 год до 2 діб	Біль виходить за межі анатомічних зон іннервації трійчастого нерва, закладеність та хлопки у вусі на стороні ураження	Прегангліонарна блокада — введення розчину мепівастезину 3,0% знімає больові відчуття (будь-який місцевий анестетик без адренорміметиків)	Чутливі (гіпералгезія, гіперестезія, алодинія)
Міофасціальний синдром больової дисфункції СНЩС	Щелепа, скроня, вухо, привушна, потилична ділянки, жувальний та скроневи м'язи	Тупий, ниючий, глибокий, постійний з періодичним підсиленням, біль видозмінюється від рухів щелепою, функції, парафункції, гострий болючий тризм, двосторонній	Напруження та біль у жувальних м'язах, формування м'язових потовщень з латентними, а потім активними ТТ, закладеність і шум у вухах, гострий болючий тризм	Зняття спазму жувальних м'язів за допомогою блокади моторних гілок трійчастого нерва (анестезія за Берше — Дубовим) розчином мепівастезину 3,0% (будь-який місцевий анестетик без адренорміметиків)	Відсутні
Невралгія трійчастого нерва	Відповідає зоні іннервації однієї або кількох гілок трійчастого нерва	Напади болю (больовий пароксизм) від 2 с до 2 хв, «удар електричного струму», односторонній	Поява «куркових зон» в медіальній частині обличчя, наявність ТТ в середній третині обличчя (вихід корінців нерва), тризм і парез жувальних м'язів, спазми м'язів (больовий тик)	Позитивний терапевтичний ефект при використанні антиконвульсантів	Відсутні

Закінчення табл. 1

1	2	3	4	5	6
Невралгія вушно-скроневого нерва	Привушно-жувальна, скронева ділянка, зовнішній слуховий хід, шкіра обличчя попереду від вушної раковини	Напади болю (больовий пароксизм), пекучий, односторонній	Вегетативні дисфункції в привушно-жувальній ділянці у вигляді гіперемії шкіри і потовиділення під час вживання їжі	Біль минає при блокаді чутливих гілок нерва при торусальній анестезії — введення мелівастезину 3,0% (будь-який місцевий анестетик без адренорміметиків)	Відсутні
Невралгія язико-глоткового нерва	Корінь язика, задня стінка глотки, вухо	Напади болю (больовий пароксизм), стріляючий, «удар електричним струмом», односторонній	Розлади смаку — агевзія по задній третині язика (все здається гірким)	Змащення слизової оболонки кореня язика, піднебінних дужок і мигдаликів 2,0% розчином лідокаїну з адреналіном	Відсутні

Примітка: фармакологічний тест може використовуватися і як перша невідкладна допомога. Встановлення кінцевого діагнозу можливе у випадку повного усунення больового синдрому, гіперестезії в ділянці іннервації відповідного нерва і больючості проєкційних больових точок.

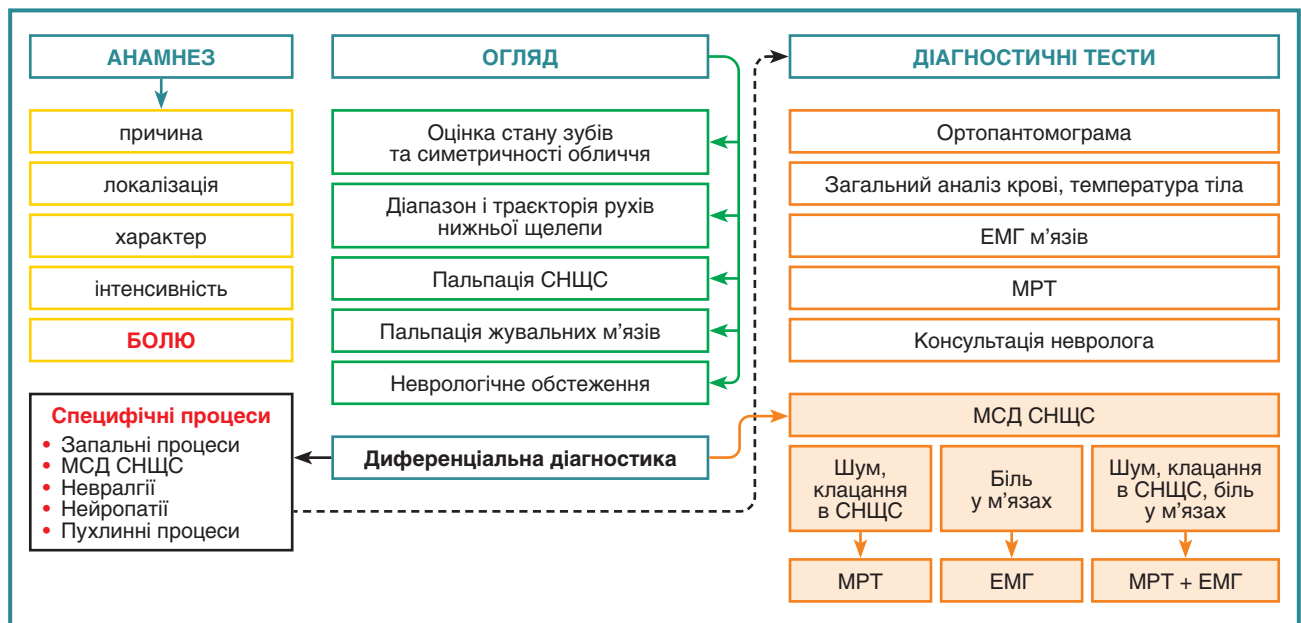


Рисунок 1. Діагностичний алгоритм первинного скринінгу орофасіального болю

Презентація клінічного випадку

Пацієнтка К., 15 років, зі скаргами на біль у привушно-жувальній ділянці зліва, обмеження відкривання рота, була направлена стоматологом-терапевтом до стоматолога-хірурга на консультацію.

Скарги: біль у привушно-жувальній ділянці зліва з іррадіацією в скроню, вухо, верхню та нижню щелепу зліва. Біль постійного характеру, який посилюється в нічний час, ниючий, глибокий, з іррадіацією в привушну ділянку та нижню щелепу. Зниження чутливості в ділянці нижньої губи та передньої половини язика зліва, закладеність та шум у лівому вусі. З анамнезу стало відомо, що біль турбував пацієнтку близько 9 місяців з посиленням у нічний час, ближче до ранку. Протягом тривалого часу пацієнтка приймала знеболювальні препарати (анальгін, німесил, нурофен), однак біль не вдавалось повністю купірувати. Зі слів матері, у дитини відмічається наявність тривожного

і депресивного стану. Появу скарг ні з чим не пов'язують. Звертались до стоматолога за місцем проживання. Була зроблена ортопантомограма, і з діагнозом «больова дисфункція скронево-нижньощелепного суглоба. Утруднене прорізування 38-го та 28-го зубів мудрості» пацієнтка направлена на консультацію до хірурга-стоматолога.

Об'єктивно: обличчя асиметричне (дефігурація) через набряк м'яких тканин в привушно-жувальній ділянці зліва. Біль у щелепі, скроні, у вусі, навколо-вушній ділянці зліва. Біль посилюється від рухів нижньою щелепою. Під час проведення міофасціального протоколу обстеження пацієнтка підтверджує знайомий біль у скронево- та власне жувальному м'язу зліва. Відкривання рота обмежене (2,5 см), супроводжується зміщенням нижньої щелепи вліво (дефлексія). Зниження тону і сили жувального м'яза зліва. Гіпестезія (зниження чутливості) половини нижньої

губи та передніх 2/3 язика зліва (ділянка іннервації третьої гілки трійчастого нерва). Больовий синдром оцінювали за допомогою валідної візуальної аналогової шкали, показник становив 8 балів (сильний біль). Проведений внутрішньоротовий аналіз функціональної оклюзії виявив ортогнатичний прикус і множинний фісурно-горбиковий контакт зубів у положенні центральної оклюзії. У передній оклюзії контакт різців та дезоклюзія жувальних зубів, у бокових оклюзіях іклове ведення. Наявність горизонтальної стертості 23-го та 33-го зубів, вертикальні тріщини емалі, фестончастий язик (відбитки зубів на язика). У ділянці 28-го та 38-го зубів мудрості місцевих ознак запального процесу не виявлено.

На основі зібраних даних анамнезу та об'єктивного огляду можна судити про наявність у пацієнтки всіх симптомів міофасціального синдрому больової дисфункції СНЩС. Але біль був не єдиною клінічною ознакою, а відзначалися чутливі порушення в щелепно-лицевій ділянці, що не характерно для міофасціального синдрому і може свідчити про ураження сомато-сенсорної периферичної нервової системи.

Пацієнтка була направлена на консультацію до невропатолога. У зв'язку з клінічними ознаками ураження трійчастого нерва була виконана електронейроміографія (ЕНМГ). Відповідно до поставленого діагностичного завдання виконані наступні методики ЕНМГ:

- blink-рефлекс з двох сторін зі стимуляцією нижньої гілки трійчастого нерва;
- голкова електроміографія (ЕМГ) лівого власне жувального м'яза.

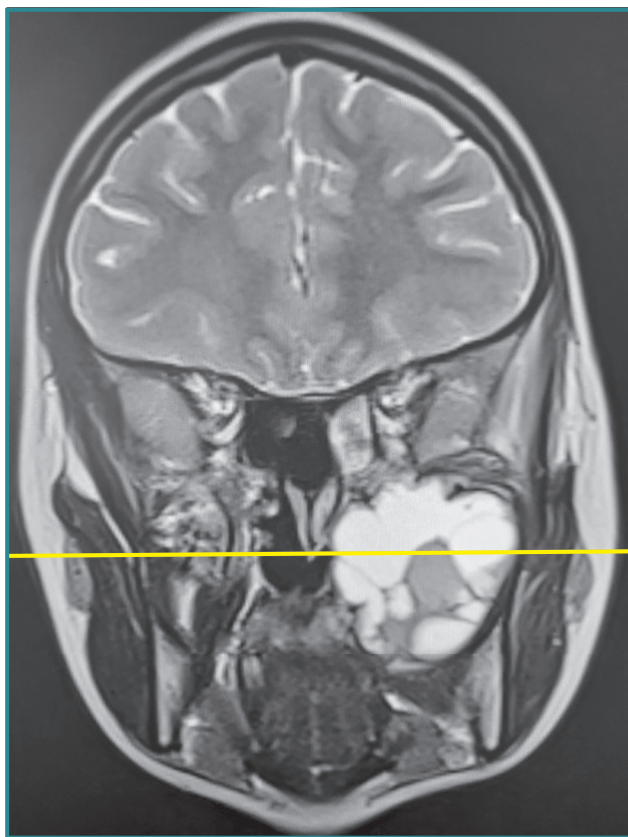


Рисунок 2. МРТ мозку, коронарний зріз

Отримано наступні результати.

Blink-рефлекс: при тестуванні третіх гілок трійчастих нервів отримані пізні відповіді (R2) з обох боків, відмічається легке збільшення латентності R2-відповіді ліворуч.

Голкова ЕМГ: у лівому власне жувальному м'язі зареєстровані ознаки денерваційного процесу.

Висновок невропатолога: ЕНМГ-ознаки ураження лівого нижньощелепного нерва (n. mandibularis). Рекомендовано провести магнітно-резонансну томографію (МРТ) головного мозку.

У клінічній практиці показаннями до проведення голкової і стимуляційної ЕНМГ є підозра на ураження нервово-м'язової системи (невропатії та міопатії). При порушенні синхронної роботи м'язів обличчя на тлі їх функціональних змін (зміна тону, больові міофасціальні синдроми) може бути корисним проведення поверхневої (глобальної) ЕМГ з одночасною реєстрацією міограми з декількох м'язів [8]. У разі ураження нерва голкова ЕМГ виявляє у м'язі потенціали фібриляції, що є ознакою денерваційного процесу. Чим більша кількість фібриляцій, тим вираженіша денервація в м'язах.

Результати МРТ: на серії МРТ в проекції інфратемпоральної ямки ліворуч візуалізується багатокамерне рідинне утворення (білково-геморагічне), загальними умовними розмірами 5,8/4,3/4,0 см. Утворення поширюється в просвіт пазухи клиноподібної кістки до рівня зорового каналу та в порожнину лівої верхньощелепної пазухи. Випинання великого крила клиноподібної кістки в просвіт середньої черепної ямки, з щільним приляганням до полюса лівої скроневої частки мозку (рис. 2). Відзначається помірна девіація гілки нижньої щелепи ліворуч через атрофію від тиску. Набряк слизової оболонки в просвіті слухової труби, внутрішнього та середнього вуха ліворуч. Жувальний м'яз з ознаками набряку.

Пухлина здавлює трійчастий нерв (n. mandibularis), що супроводжується виникненням болю та зниженням чутливості (гіпестезія) нижче від місця локалізації новоутворення.

Пацієнтка була направлена на консультацію та подальше лікування до Інституту нейрохірургії ім. акад. А.П. Ромоданова Національної академії медичних наук України.

На додаток до наведеного випадку слід зазначити, що не існує надійних клінічних критеріїв для диференціації орофасціального болю, викликаного інтракраніальними новоутвореннями, від «ідіопатичних» форм. Наявність неврологічних болів у молодих пацієнтів, відсутність уражень зубощелепного апарату та швидке прогресування захворювання можуть викликати підозри на внутрішньочерепні новоутворення або початок демієлінізуючого захворювання центральної нервової системи. У наведеному клінічному випадку були виявлені всі діагностичні критерії міофасціального синдрому больової дисфункції СНЩС. Гіпестезія нижньої частини губи та передніх 2/3 язика стала причиною направлення до невролога і проведення додаткових обстежень. Цей випадок демонструє наявність як типо-

вих ознак «ідіопатичного» міофасціального синдрому, так і ознак органічних уражень периферичної нервової системи. Ключовим для диференціальної діагностики новоутворень головного мозку є прогресуюче наростання симптомів. Міждисциплінарний підхід забезпечив комплексну діагностику і лікування пацієнтки із залученням стоматологів та невролога. Остаточні діагностичні висновки при персистуючому орофасціальному болі слід робити з обережністю, оскільки медикamentозна терапія є паліативною і не дозволяє чітко оцінити етіологічний фактор. Лікар-стоматолог відіграє ключову роль у розробці маршруту пацієнта для своєчасної діагностики та лікування.

Висновки

Проведене обстеження підтвердило ефективність та важливість міжфахової консультації при диференціальній діагностиці орофасціального болю. Вчасне залучення спеціалістів різних напрямків дозволяє більш точно визначити етіологію симптомів і розробити відповідну правильну тактику лікування.

Конфлікт інтересів. Автори заявляють про відсутність конфлікту інтересів та власної фінансової зацікавленості при підготовці даної статті.

Список літератури

1. Yavorska ES. *Pain and Paresthetic Syndromes of the Maxillofacial Region: A Methodological Guide on Neurostomatology*. 4th ed., revised and supplemented. Kyiv: Naukova Dumka, 2007. 87 p.
2. Bezkorovaina LP, Harlyauskaite IYu, Ponomarenko YuV. *The differential diagnostics of pain syndrome in the maxillofacial area*.

Analysis of clinical case. Ukrainian Journal of Military Medicine. 2023-06-30. Journal article. DOI: 10.46847/ujmm.2023.2(4)-063.

3. Benoliel R, Svensson P, Evers S, Wang SJ, Barke A, Korwisi B, et al. *The IASP classification of chronic pain for ICD-11: chronic secondary headache or orofacial pain*. *Pain*. 2019 Jan;160(1):60-8. doi: 10.1097/j.pain.0000000000001435.

4. Handa S, Keith DA, Abou-Ezzi J, Rosèn A. *Neuropathic orofacial pain: Characterization of different patient groups using the ICOP first edition, in a tertiary level Orofacial Pain Clinic*. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol*. 2021 Dec;132(6):653-61. doi: 10.1016/j.oooo.2021.07.021.

5. Schiffman E, Ohrbach R, Truelove E, Look J, Anderson G, Goulet JP, et al. *Diagnostic Criteria for Temporomandibular Disorders (DC/TMD) for Clinical and Research Applications: recommendations of the International RDC/TMD Consortium Network and Orofacial Pain Special Interest Group*. *J Oral Facial Pain Headache*. 2014 Winter;28(1):6-27. doi: 10.11607/jop.1151.

6. Ключан С.М. Вивчення питання застосування міжнародних діагностичних критеріїв скронево-нижньощелепних розладів — DC/TMD, як основного діагностичного алгоритму в дослідницьких і клінічних цілях (аналіз літератури). *Сучасна стоматологія*. 2019. (3). 88-95. doi: 10.33295/1992-576X-2019-3-88.

7. De Leeuw R, Klasser GD, eds. *Orofacial pain: guidelines for assessment, diagnosis, and management*. Chicago: Quintessence Publishing Co, Inc, 2013. 301 p.

8. Bezkorovaina LP, Harlyauskaite IYu, Ponomarenko YuV. *Electromyography in the study of the functional status of mastic muscles in healthy people*. *Bulletin of problems in biology and medicine*. 2023;(4):417-426. doi: 10.29254/2077-4214-2023-4-171-417-426.

Отримано/Received 03.09.2024

Рецензовано/Revised 14.09.2024

Прийнято до друку/Accepted 23.09.2024 ■

Information about authors

Yurii Ponomarenko, Neurologist, PhD in Medicine, LLC "NC Neurodiagnostics Center", Kyiv, Ukraine; e-mail: pon.yori@gmail.com; <https://orcid.org/0000-0001-5961-9922>

Irena Garlyauskaite, Dentist-Surgeon, PhD in Medicine, Associate Professor, Head of the Surgical Department, LLC "Medgarant", Kyiv, Ukraine; e-mail: 777irena@ukr.net

Larysa Bezkorovaina, Dentist, PhD-student, Department of Dentistry, Postgraduate Education Institute, Bogomolets National Medical University, Kyiv, Ukraine; e-mail: larisabp73@gmail.com; <https://orcid.org/0000-0001-8363-3214>

Conflicts of interests. Authors declare the absence of any conflicts of interests and own financial interest that might be construed to influence the results or interpretation of the manuscript.

Yu. V. Ponomarenko¹, I. Yu. Garlyauskaite², L. P. Bezkorovaina³

¹ LLC "NC Neurodiagnostics Center", Kyiv, Ukraine

² LLC "Medgarant", Kyiv, Ukraine

³ Bogomolets National Medical University, Kyiv, Ukraine

Topographic diagnosis of orofacial pain (clinical case)

Abstract. This article presents a clinical case of a 15-year-old female patient who complained of pain in the left parotideomasseteric region, limited mouth opening, as well as radiating pain in the temple, ear, and lower jaw on the left side. After an initial examination by a general dentist, the patient was referred to an oral surgeon for further diagnosis. Based on the symptoms and clinical examination, myofascial pain dysfunction syndrome of the temporomandibular joint was suspected; however, decreased sensation in the lower lip and tongue suggested possible involvement of the trigeminal nerve. Further examination, including electroneuromyography, electromyography, and magnetic resonance imaging, revealed damage to the left mandibular nerve caused by a multilocular fluid-filled

formation in the infratemporal fossa, which was compressing the nerve. The patient was referred to the Romodanov Neurosurgery Institute for further treatment. This case emphasizes the importance of a multidisciplinary approach in the diagnosis and treatment of orofacial pain, particularly in cases where the clinical picture goes beyond the typical symptoms of myofascial syndrome. Timely involvement of specialists from various fields allows for a more precise determination of the symptom etiology and the development of an appropriate treatment strategy.

Keywords: orofacial pain; differential diagnosis; trigger points; nervous system; musculoskeletal system; psychogenic factors; temporomandibular joint

Сердюк В.М.¹, Сакович В.М.¹, Устименко С.Б.², Волок С.І.², Клопоцька Н.Г.¹¹ Дніпровський державний медичний університет, м. Дніпро, Україна² КП «Дніпропетровська обласна клінічна офтальмологічна лікарня», м. Дніпро, Україна

Внесок офтальмологічної школи Дніпропетровщини в розвиток кератопластики в Україні

Резюме. Актуальність. Кератопластика є сучасним методом лікування хворих на патологію рогівки.

Мета: висвітлити внесок офтальмологічної школи Дніпропетровщини в розвиток кератопластики в Україні. **Матеріали та методи.** Проведено ретроспективний аналіз медичної документації пацієнтів, яким проводилася пересадка рогівки в Дніпропетровській обласній клінічній офтальмологічній лікарні з 2013 року по червень 2024 року. **Результати.** За підтримки Венеціанського банку тканин ока у 2013 році на базі КП «Дніпропетровська обласна клінічна офтальмологічна лікарня» (ДОКОЛ) відкрито перший в Україні банк донорської рогівки, і в тому ж році професор В.М. Сердюк провів перші операції наскрізної кератопластики з використанням вітчизняного донорського матеріалу, а у 2014 році вперше в Україні було проведено наскрізну кератопластику із застосуванням фемтосекундного лазера. З 2016 року ДОКОЛ є єдиною в Україні клінікою, де проводиться кератопластика з фемтолазерним супроводом у дітей. Застосування фемтосекундних технологій дозволило нам першими в Україні перейти від наскрізної до поширової кератопластики. Станом на першу половину 2024 року в ДОКОЛ проведено майже 800 пересадок рогівки, у тому числі: наскрізна кератопластика із застосуванням фемтолазера — 146 операцій; глибока передня поширова кератопластика — 57 втручань, із них з фемтолазерним супроводом — 24; пересадка десцеметової мембрани з ендотелієм — 72. Прооперовано 20 дітей. У клініці вперше в Україні почали виконувати такі комбіновані втручання: потрійна процедура — з 2014 року, docking фемтолазера в реципієнтів з перфорацією рогівки та гідропсом — з 2020 року, ендотеліальна пересадка після наскрізної кератопластики при неспроможності ендотелію трансплантата — з 2021 року; лікування відшарування десцеметової мембрани після факоемулсифікації катаракти на обох очах — з 2023 року. **Висновки.** З 2012 року ДОКОЛ є хабом із застосування фемтотехнологій в офтальмології в Україні. За понад 10 років у нас накопичився значний досвід реабілітації пацієнтів після різних видів трансплантації рогівки, у тому числі у військових.

Ключові слова: трансплантація рогівки; історія кератопластики; Дніпропетровська область; кератобіоімплантат

Вступ

За даними ВООЗ, захворювання рогівки посідають третє місце серед причин сліпоти у світі, а в структурі первинної інвалідності по зору в Україні вони входять до п'ятірки основних причин. Особливістю патології є те, що вона вражає людей молодого віку, що зумовлює її соціальну значущість [1]. У зв'язку з цим питання щодо можливості заміни рогівки цікавило людство з давніх часів, але тільки в 1906 році Е.К. Цирму вдалося провести успішну наскрізну кератопластику (НСКП) [2].

В одному ряду з іншими офтальмологами, які зробили внесок у розвиток кератопластики, стоїть видатний вітчизняний науковець Володимир Петрович Філатов. Почавши працювати над цією проблемою ще в 1899 році, у 1931 він уперше у світі застосував як трансплантат трупну рогівку, яка й досі залишається найкращим матеріалом для кератопластики. У 1934 році В.П. Філатов запропонував метод консервації трупної рогівки у вологій камері при 2–4 °С, який пізніше було названо його іменем [2].



Академік В.П. Філатов

У 1912 році він очолив кафедру очних хвороб Одеського медичного університету, а в 1936 році заснував в Одесі НДІ очних хвороб і тканинної терапії, де вперше в Україні та світі було організовано лабораторію консервації тканин. За період 1922–1938 рр. В.П. Філатов з колегами провели понад 500 успішних операцій часткової наскрізної пересадки рогівки. З цього величезного досвіду академік Філатов описав багато основних технічних проблем і ускладнень, пов'язаних з пересадкою рогівки, розробив низку інструментів і хірургічних інновацій, які значною мірою сприяли прогресу в кератопластиці [2].

Справу В.П. Філатова продовжили його учні й послідовники: академік Н.О. Пучковська, яка згодом очолила НДІ очних хвороб і тканинної терапії, створила новий напрям у галузі кератопротезування і кератопластики при ускладнених більмах, обґрунтувала й розробила техніку субтотальної та поширеної пересадки рогівки при опіках органа зору, втілила власний двохетапний метод хірургічного лікування післяопікових обширних зрощень повік і рогівки. В.В. Войно-Ясенецький у 1946 році був запрошений В.П. Філатовим до Одеси, де зосередився на вивченні процесів, що відбуваються в ізольованих тканинах людини та тварин при їх збереженні в умовах зниженої температури, а також процесів приживлення рогівкового трансплантата і шкіри. Особливе значення для розвитку вітчизняної трансплантології мали його роботи з вивчення тканинної несумісності й консервації тканин. Проф. Г.В. Легеза, завідувач відділення опіків і відновлювальної офтальмохірургії у 1956–1988 рр., займався питаннями пересадки рогівки для усунення симблефарону. Проф. Т.У. Горгіладзе, завідувач відділення рогівки НДІ ім. В.П. Філатова

в 1975–1996 рр., був автором 290 наукових праць, 12 авторських свідоцтв, 14 раціоналізаторських пропозицій, а також монографії з пересадки рогівки, яка стала керівництвом для багатьох офтальмологів [2, 3].

На сьогодні з історичних позицій розрізняють три основні етапи розвитку кератопластики: ера ксено-трансплантації, ера хірургічної кератопластики й ера фемтосекундних технологій. Фемтосекундну лазерну методику вперше розробив доктор Куртц у Мічиганському університеті на початку 1990-х років. Фемтосекундні лазери випромінюють світлові імпульси короткої тривалості (10–15 с), які викликають фоторуйнування тканини з мінімальним пошкодженням. Це дозволяє виконувати розрізи без леза всередині тканини з різною структурою з високою точністю [4].

Удосконалення хірургічних технік і впровадження фемтолазерів в офтальмохірургію сприяло розвитку різних видів поширеної кератопластики: Superficial Anterior Lamellar Keratoplasty (SALK); Deep Anterior Lamellar Keratoplasty (DALK); Endothelial Keratoplasty; Descemet Stripping (Automated) Endothelial Keratoplasty (DSEK, DSAEK); Descemet Membrane Endothelial Keratoplasty (DMEK). Перевагами поширеної пересадки перед НСКП є менша кількість ускладнень, кращі функціональні результати, економічна складова, однак вона характеризується більшою складністю виконання.

Мета роботи: висвітлити вклад офтальмологічної школи Дніпропетровщини в розвиток кератопластики в Україні.

Матеріали та методи

Проведено ретроспективний аналіз медичної документації пацієнтів, яким проводилася пересадка рогівки в Дніпропетровській обласній клінічній офтальмологічній лікарні з 2013 року по червень 2024 року.

Результати та обговорення

З огляду на актуальність даного напрямку офтальмології та його стрімкий розвиток на початку 2010-х років у КП «Дніпропетровська обласна клінічна офтальмологічна лікарня» (ДОКОЛ) було прийнято рішення про створення технічної, клінічної та наукової бази для проведення пересадок рогівки.

КП «ДОКОЛ» стала першою в Україні лікарнею, де було придбано фемтосекундний лазер VICTUS, і у 2012 році тут уперше в Україні проведено видалення катаракти з фемтосекунд-лазерною асистенцією.

Дуже важливим етапом стало створення власного банку рогівки, оскільки сучасні вітчизняні технології для заготівлі й консервації донорської рогівки на той час були відсутні. Велику підтримку в цьому нам надали італійські колеги з банку рогівки м. Местре; технологічні інвестиції були зроблені Венеціанським банком тканин ока під керівництвом доктора Diego Ponzin, завдяки чому у 2013 році вдалося відкрити в Дніпрі перший в Україні банк донорської рогівки, фактично відновивши справу В.П. Філатова.

Донорський матеріал кератобіоімплантат виготовляється відповідно до ТУ У 32.5-35544302-001:2013 (свідоцтво про державну реєстрацію № 13181/2013 від

09.10.2013 р.) державним підприємством «Біоімплант» МОЗ України, яке знаходиться на базі КП «ДОКОЛ». Завдяки створенню ДП «Біоімплант» з 2013 року в Україні була відновлена пересадка рогівки. Кератобіоімпланти, виготовлені в Дніпрі, на сьогодні використовуються для проведення різних видів кератопластики в провідних офтальмологічних закладах Дніпра, Одеси, Києва, Харкова, Львова та інших. Можливість лікувати пацієнтів в Україні заощадила понад 300 мільйонів гривень бюджетних коштів.



Керівник Венеціанського банку тканин ока Дієго Понцін (Diego Ponzin) і директор ДП «Біоімплант» МОЗ України» Ігор Алещенко

Уже в 2013 році в КП «ДОКОЛ» В.М. Сердюк почав проводити НСКП з використанням вітчизняного донорського матеріалу, а в 2014 році ми першими в Україні виконали НСКП із застосуванням фемтосекундного лазера.



Завідувач кафедри офтальмології ДДМУ, д.м.н., професор В.М. Сердюк в операційній під час пересадки рогівки

Фемтосекундний лазер дозволяє створювати точні й складні конфігурації розрізів, що неможливо досягти за допомогою звичайних трепанів. Лабораторні й клінічні дослідження фігурних трансплантатів рогівки з використанням фемтосекундних лазерів, проведені в різних клініках світу, продемонстрували механічну стабільність різних конфігурацій ран, таких як «циліндр», «гриб», «зигзаг» і «різдвяна ялинка» [4].

Завдяки тому, що використання фемтосекундного лазера забезпечує високу прецизійність, дає можливість формувати рогівкові профілі різних конфігурацій і, відповідно, збільшити площу дотику тканини донора

і реципієнта, його застосування дозволяє отримати добрі результати у дітей. З 2016 року КП «ДОКОЛ» є єдиною в Україні клінікою, де проводиться кератопластика з фемтолазерним супроводом у дітей.

Застосування фемтосекундних технологій також дозволило нам першими в Україні перейти від наскрізної до пошарової кератопластики. Нашим першим досвідом ламелярної пересадки рогівки стала глибока передня пошарова кератопластика (DALK), яка полягає в пересадці строми рогівки зі збереженням десцеметової мембрани й ендотелію пацієнта.

Хоча ця операція більш складна, ніж НСКП, її перевагами є: зниження ймовірності імунологічного відторгнення трансплантата; збереження ендотелію; швидка реабілітація з меншим ризиком ускладнень; вища стійкість до можливих травм [5].

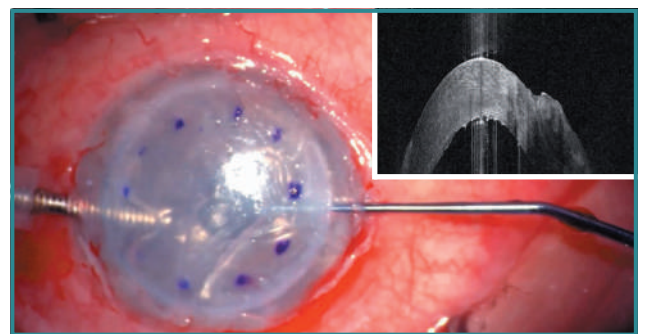
Наступною важливою віхою в розвитку кератопластики на Дніпропетровщині став 2019 рік, коли офтальмологічна клініка придбала інтраопераційний оптичний когерентний томограф (і-ОСТ), що дозволило нам першими в Україні почати виконувати ДМЕК. Техніка операції була розроблена в 2006 році Melles et al.: трансплантується тільки тонкий шар десцеметової мембрани і пов'язаних з нею ендотеліальних клітин без строми; товщина тканини трансплантата становить лише 10–15 мкм. При ДМЕК відторгнення трансплантата спостерігається в 15 разів рідше, ніж при НСКП, тому що при більшому розмірі трансплантата підвищується ризик розвитку реакції тканинної несумісності; втручання належить до операцій закритого типу, завдяки чому суттєво знижується ризик операційних і післяопераційних ускладнень [6].

На сьогодні КП «ДОКОЛ» — єдина в Україні клініка, де виконують усі види пошарової кератопластики.

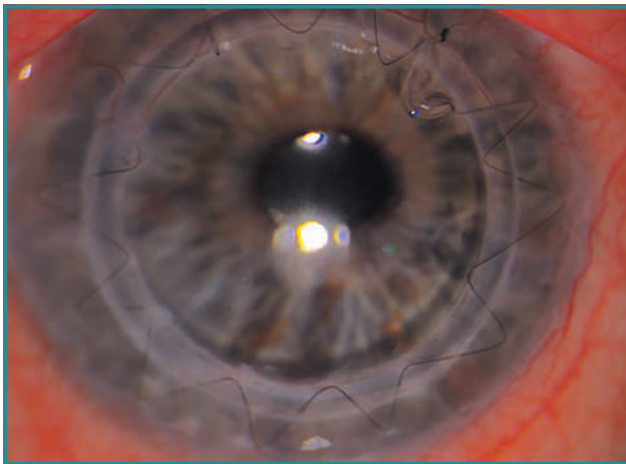
За підтримки Дніпропетровської облдержадміністрації у 2015–2020 рр. фінансування пересадки рогівки в КП «ДОКОЛ» здійснювалося з коштів місцевого бюджету, що дозволило виконати чимало хірургічних втручань як населенню Дніпропетровської області, так і постраждалим військовим. Ще до повномасштабного вторгнення, протягом 2014–2021 рр., пересадка рогівки дозволила врятувати зір 14 військовослужбовців, які отримали травми ока в зоні АТО, а після початку військових дій їх число значно збільшилося.

Станом на першу половину 2024 року в КП «ДОКОЛ» проведено майже 800 пересадок рогівки, у тому числі:

— НСКП із застосуванням фемтолазера — 146 операцій;



Етап виконання ДМЕК



Око після НСКП

— DALK — 57 втручань, з них з фемтолазерним су-проводом — 24;

— DMEK — 72.

Прооперовано 20 дітей.

Крім того, у нашій клініці вперше в Україні почали виконувати такі комбіновані втручання:

— *потрійна процедура* (triple procedure) із застосуванням фемтолазера — поєднання НСКП, екстракції катаракти та імплантації інтраокулярної лінзи. Почала виконуватися з 2014 року, усього прооперовано 26 пацієнтів;

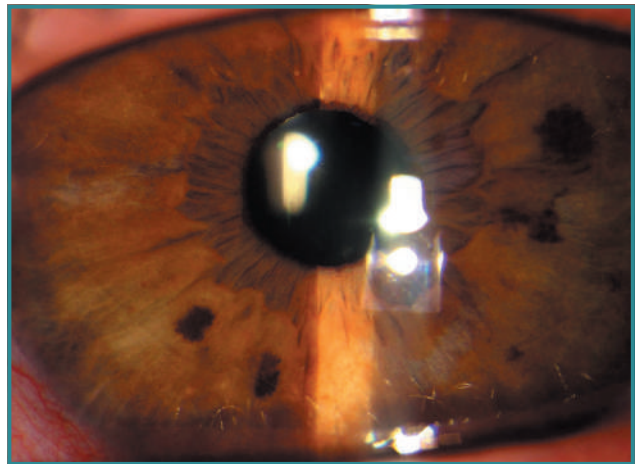
— *Docking фемтолазера* в реципієнтів з перфорацією рогівки і гідропсом уперше виконаний у КП «ДОКОЛ» у 2020 році;

— *ендотеліальна пересадка після НСКП при неспроможності ендотелію трансплантата* — раніше всім пацієнтам з ендотеліальною недостатністю проводили повторну НСКП, після чого, на жаль, пацієнт знову потребує тривалої реабілітації. Крім того, у повторної НСКП прогноз виживання набагато гірший, ніж у початкової кератопластики. У КП «ДОКОЛ» виконується з 2021 року, за цей час прооперовано 6 хворих з даною патологією; в усіх випадках вдалося досягти гостроти зору 0,6 і вище у віддаленому періоді.

Лікування відшарування десцеметової мембрани після факоемульсифікації катаракти на обох очах — операція проведена нами вперше в Україні в 2023 році; виконана задня поширена кератопластика (DMEK) з використанням кератобіоімпланта. Через 3 тижні після операції гострота зору становила 0,9–1,0.

Висновки

Отже, з 2012 року КП «ДОКОЛ» є хабом із застосування фемтотехнологій в офтальмології в Україні. За понад 10 років у нас накопичився значний досвід реабілітації пацієнтів після різних видів трансплантації рогівки, яким ми раді ділитися з колегами з інших регіонів України та з-за кордону. Співробітники КП «ДОКОЛ» неодноразово виступали з доповідями й лекціями в таких країнах, як Латвія, Угорщина, Італія, Австрія та ін. Сподіваємося, що наш досвід стане в нагоді офтальмологам України і дозволить привести рівень допомоги хворим до сучасних світових стандартів.



Око через 3 тижні після DMEK

Конфлікт інтересів. Автори заявляють про відсутність конфлікту інтересів і власної фінансової зацікавленості при підготовці даної статті.

Інформація про фінансування. Дана робота написана за ініціативи кафедри офтальмології ДДМУ і КП «ДОКОЛ» (Дніпро, Україна) і фінансується за власні кошти.

Відмова від відповідальності. Автори заявляють, що думки, висловлені в поданій статті, є їхніми власними, а не офіційною позицією установи.

Внесок авторів. Сердюк В.М. — концепція, збір даних, перевірка; Сакович В.М. — методологія; Устищенко С.Б. — залучення фінансування, нагляд; Воллок С.І. — ресурси; Клопоцька Н.Г. — написання статті.

Список літератури

1. Wang EY, Kong X, Wollé M, et al. Global Trends in Blindness and Vision Impairment Resulting from Corneal Opacity 1984–2020: A Meta-analysis. *Ophthalmology*. 2023;130(8):863–71. doi: 10.1016/j.ophtha.2023.03.012.
2. Пасечнікова Н.В., Дрожжина Г.І., Гайдамака Т.Б., Аліфанова Т.А., Серєда К.В., Остаєвський В.Л. Основні аспекти трансплантації рогівки в Україні та світі: аналіз потреб, види кератопластики та перспективи розвитку. *Трансплантація та штучні органи*. 2021. № 1. С. 43–54. https://doi.org/10.30702/transpaorg/02_21.3103/0342-54/048.8.
3. Якименко С.А., Боброва Н.Ф., Малецький А.П., Петренко О.В. Исторические аспекты офтальмопластики (одесская школа). *Архів офтальмології України*. 2021. Т. 9. № 3. С. 42–44. <https://doi.org/10.22141/2309-8147.9.3.2021.247910>.
4. Amer MR, Elzembely AI. Evolution of penetrating keratoplasty: the three eras, a brief historical review. *Adv Ophthalmol Vis Syst*. 2023;13(3):86–8. doi: 10.15406/aovs.2023.13.00447.
5. Yu AC, Spena R, Pellegrini M, Bovone C, Busin M. Deep Anterior Lamellar Keratoplasty: Current Status and Future Directions. *Cornea*. 2022;41(5):539–44. doi: 10.1097/ICO.0000000000002840.
6. Trindade BLC, Eliazar GC. Descemet membrane endothelial keratoplasty (DMEK): an update on safety, efficacy and patient selection. *Clin Ophthalmol*. 2019;13:1549–57. doi: 10.2147/OPTH.S178473.

Отримано/Received 01.09.2024

Рецензовано/Revised 12.09.2024

Прийнято до друку/Accepted 21.09.2024 ■

Information about authors

Valerii M. Serdiuk, MD, DSc, PhD, Professor, Head of the Department of Ophthalmology, Dnipro State Medical University, Dnipro, Ukraine; e-mail: kpdokol@ukr.net; <https://orcid.org/0000-0003-3411-1561>
 Vasyli M. Sakovych, MD, DSc, PhD, Professor, Department of Ophthalmology, Dnipro State Medical University, Dnipro, Ukraine; e-mail: 427@dmu.edu.ua; <https://orcid.org/0000-0003-1756-4083>
 Svitlana B. Ustimenko, General Director of the Communal Enterprise "Dnipropetrovsk Regional Clinical Ophthalmological Hospital", Dnipro, Ukraine; e-mail: kpdokol@ukr.net; <https://orcid.org/0000-0001-7560-0121>

Sergiy I. Volok, Head of the Ophthalmology Department 1, Communal Enterprise "Dnipropetrovsk Regional Clinical Ophthalmological Hospital", Dnipro, Ukraine; e-mail: kpdokol@ukr.net
 Natalia G. Klopotska, PhD in Medicine, Associate Professor, Department of Ophthalmology, Dnipro State Medical University, Dnipro, Ukraine; e-mail: 427@dmu.edu.ua; phone: +380 (96) 354-10-86; <https://orcid.org/0000-0001-6841-3862>

Conflicts of interests. Authors declare the absence of any conflicts of interests and own financial interest that might be construed to influence the results or interpretation of the manuscript.

Information about funding. This work was written on the initiative of the Ophthalmology Department of the Dnipro State Medical University and CE "Dnipropetrovsk Regional Clinical Ophthalmological Hospital" (Dnipro, Ukraine) and is financed with its own funds.

Disclaimer. The authors declare that the opinions expressed in the submitted article are their own and not the official position of the institution.

Authors' contribution. V.M. Serdiuk — concept, data collection, validation; V.M. Sakovych — methodology; S.B. Ustimenko — attraction of financing, supervision; S.I. Volok — resource; N.G. Klopotska — writing an article.

V.M. Serdiuk¹, V.M. Sakovych¹, S.B. Ustimenko², S.I. Volok², N.G. Klopotska¹

¹ Dnipro State Medical University, Dnipro, Ukraine

² Communal Enterprise "Dnipropetrovsk Regional Clinical Ophthalmological Hospital", Dnipro, Ukraine

Contribution of the Dnipropetrovsk region ophthalmology school to the development of keratoplasty in Ukraine

Abstract. Background. Keratoplasty is a modern method of treating patients with corneal pathology. The purpose of the work is to highlight the contribution of the Dnipropetrovsk region ophthalmology school to the development of keratoplasty in Ukraine. **Materials and methods.** A retrospective analysis was performed of the medical records of patients who underwent corneal transplantation at the Dnipropetrovsk Regional Clinical Ophthalmological Hospital (DRCOH) from 2013 to June 2024. **Results.** With the support of the Veneto Eye Bank Foundation, in 2013 the first donor corneal bank in Ukraine was opened on the basis of the DRCOH. The same year Professor V.M. Serdiuk performed the first penetrating keratoplasty using domestic donor material, and in 2014, for the first time in Ukraine, femtosecond laser-assisted penetrating keratoplasty was carried out. Since 2016, the DRCOH is the only clinic in Ukraine that performs keratoplasty with femtolasers assistance in children. Use of femtosecond technologies allowed us to be the first in Ukraine who switch from penetrating to lamellar keratoplasty. As of the first half of 2024, almost 800 corneal transplantations were

performed at the DRCOH, including: penetrating keratoplasty with femtolasers — 146 operations; deep anterior lamellar keratoplasty — 57, of which 24 were femtosecond laser-assisted; Descemet membrane endothelial keratoplasty — 72. Twenty children were operated. In the clinic, for the first time in Ukraine, combined interventions were performed such as the "triple procedure" — starting from 2014, femtolasers docking in recipients with corneal perforation and hydrops — since 2020, endothelial transplantation after penetrating keratoplasty in case of the endothelial graft failure — since 2021; treatment for Descemet membrane detachment after cataract phacoemulsification in both eyes — since 2023. **Conclusions.** Starting from 2012, the DRCOH has been a hub for the use of femtotechnologies in ophthalmology in Ukraine. For more than 10 years, we have accumulated a considerable experience in the rehabilitation of patients after various types of corneal transplantation, including in the military.

Keywords: corneal transplantation; history of keratoplasty; Dnipropetrovsk region; keratobioimplant

K. Krymovskyy, A. Mileschenko, T. Brychko
Bogomolets National Medical University, Kyiv, Ukraine

Is it possible to completely replace traditional cephalometric analyses with 3D cephalometrics based on artificial intelligence shortly? (Systematic review)

Abstract. Background. Modern cephalometric analyses provide necessary anatomical measurement data that is essential for both orthodontists and craniomaxillofacial surgeons. The purpose was to investigate the accuracy and efficiency of automated landmark detection based on artificial intelligence (AI) for cephalometric analysis on two-dimensional (2D) lateral cephalograms and lateral cephalograms that were obtained from three-dimensional (3D) cone beam computed tomographic (CBCT) images in modern orthodontics practice. **Materials and methods.** Searches were performed in PubMed, Web of Science, and Embase up to 2024. A two-pronged search strategy was used, which included a combination of technical interest (AI, machine and deep learning) and the diagnostic goal (landmark detection for skull radiograph analysis). Each concept included MeSH terms and keywords. A comprehensive grey literature search was performed using databases such as ProQuest, Google Scholar, OpenThesis, and OpenGrey to minimize the risk of bias. **Results.** After duplicate removal, title, and abstract screening, full-text reading, 34 publications were selected. Amongst these, 27 studies evaluated the accuracy of automated landmarking on 2D lateral cephalograms based on AI, while 7 studies involved 3D-CBCT images. Most studies exhibited a high risk of bias in data selection ($n = 27$) and reference standard ($n = 29$). **Conclusions.** The AI cephalometric landmark detection performance on both 2D and lateral cephalograms synthesized from 3D images showed quite a huge potential in aspects of accuracy and time efficiency. **Keywords:** orthodontics; anatomic landmarks; cephalometry; artificial intelligence

Introduction

Modern cephalometric analyses provide necessary anatomical measurement data that is essential for both orthodontists and craniomaxillofacial surgeons. They enable quantitative evaluation of craniofacial growth and the analysis of spatial relationships between hard and soft dentomaxillofacial structures for diagnostic, treatment planning, and outcome assessment purposes [1, 2]. A standard cephalometric analysis is usually performed on two-dimensional (2D) lateral cephalograms or three-dimensional (3D) cone-beam computed tomography (CBCT) images [3]. Both 2D and 3D cephalometry analyses require a manual approach to localize anatomical landmarks, which is a time-consuming task that takes at least 15 min per case for a common orthodontist [4]. Furthermore, the accuracy of landmark identification is a dis-

putable subject to variability depending on the observer's experience and image quality [5, 6]. Recently, solutions driven by artificial intelligence (AI), specifically machine learning (ML) and deep learning (DL), have been increasingly used to enhance the reliability, consistency, and accuracy of landmark placement for 2D and 3D cephalometric analyses [7–10]. Identification of landmarks is one of the primary error causes in cephalometric analyses [6, 11], so it's important to consider whether solutions made by AI could serve as an accurate and time-efficient alternative to their traditional manual analogs [12]. Existing systematic reviews on this topic have either restricted their investigation to solitary deep learning [8, 13] or were only focused on 3D images [13]. In the field of orthodontics, 2D landmarking, and cephalometric analysis are often favored due to their capacity to obtain substantial data,

which aids in the development of effective treatment strategies for the majority of orthodontic patients. In these situations, 3D cephalometry synthesized from CBCT images is generally not advised, mainly because of the high radiation exposure risks [14, 15]. On the other hand, 3D cephalometry has advantages in terms of precise anatomical recognition and intricate structural assessment. This is particularly useful when more comprehensive treatment planning is required, such as in the digital planning processes of orthognathic surgery and implantology. In these cases, traditional 2D landmarking can't provide adequate information [16]. Nevertheless, both types of datasets are considered clinically significant, depending on the specific task [17]. Despite the significant differences in AI methodologies and algorithms applied for automated 2D and 3D landmarking, a comprehensive review that covers both types of datasets offers an integrated view of this discipline. This approach may highlight progress in both dimensions and identify areas that require supplementary research and development.

The purpose of this systematic review was to report the accuracy and efficiency of automated landmark detection based on AI for cephalometric analysis on 2D lateral cephalograms and lateral cephalograms that were obtained from 3D-CBCT images in modern orthodontics practice.

Materials and methods

The systematic review was conducted following the PRISMA guidelines [18]. The PICO question of this study was: does the AI-based cephalometric analysis on 2D cephalograms and lateral cephalograms synthesized from 3D-CBCT images offer improved accuracy and time efficiency compared to manual landmarking by an expert?

A. Search strategy

Searches were performed in PubMed, Web of Science, and Embase up to 2024.

A two-pronged search strategy was used, which included a combination of the technical interest (AI, ML, DL) and the diagnostic goal (landmark detection for skull radiograph ana-

lysis). Each concept included MeSH terms and keywords. The full search strategy is presented in Table 1. A comprehensive grey literature search was performed using databases such as ProQuest, Google Scholar, OpenThesis, and OpenGrey to minimize the risk of bias. The articles identified were imported into EndNote X9 software (Thomson Reuters, Philadelphia, PA, USA) for the removal of duplicates and further selection.

B. Inclusion and exclusion criteria

The review included all full-text diagnostic accuracy studies that evaluated the performance of AI-based algorithms for automated landmark detection. Studies were selected based on the following inclusion criteria: 1) trained and tested on 2D cephalometric radiographs or 3D-CBCT images for automated detection of relevant landmarks, which are commonly used to perform craniofacial analysis, such as the nose, orbit, chin, pogonion, and subnasal; 2) reported results as hit detection rate (SDR) or mean radial error (MRE) in millimeters (mm) to determine clinical applicability; 3) studies compared automated and manual recognition as clinical references. No restrictions were applied regarding the year and language of publication. Case reports, review articles, book chapters, correspondence, conference proceedings, and commentaries were excluded from the review. Additionally, studies that exclusively included landmarks that do not contribute to standard cephalometric analysis, such as cranial landmarks (asterion, pterion, ophistion, etc.), were not considered for this review.

C. Quality assessment

The Quality Assessment of Diagnostic Accuracy Studies-2 (QUADAS-2) tool was used to assess risk of bias and applicability concerns. It serves two purposes: first, to assess the impact of potential sources of bias on estimates of test accuracy, and second, to assess the impact of hypothetical sources of clinical heterogeneity on these estimates [19]. If significant issues arise in any of these areas, this may affect the overall applicability of the study results to the patient population or broader clinical context [20]. Two reviewers (K.K., A.M.) independently assessed the risk of bias.

Table 1. Search strategy on each database

Database	Search strategy
Concept 1 artificial intelligence	
PubMed	'Artificial Intelligence'[Mesh] OR 'Artificial Intelligence'[tiab] OR 'machine learning'[tiab] OR 'deep learning'[tiab] OR 'neural network*'[tiab] OR 'automated'[tiab] OR 'automatic'[tiab]
Web of Science	TS = ('Artificial Intelligence' OR 'machine learning' OR 'deep learning' OR 'neural network*' OR 'automated' OR 'automatic')
Embase	'artificial intelligence'/exp OR 'artificial intelligence':ti,ab,kw OR 'machine learning':ti,ab,kw OR 'deep learning':ti,ab,kw OR 'neural network*':ti,ab,kw OR 'automated':ti,ab,kw OR 'automatic':ti,ab,kw
Grey Literature	'Artificial Intelligence' OR 'machine learning' OR 'deep learning' OR 'neural network*' OR 'automated' OR 'automatic'
Concept 2 cephalometric analysis	
PubMed	'Cephalometry'[Mesh] OR 'Cephalometry'[tiab] OR 'craniometry'[tiab] OR 'cephalometric*'[tiab] OR 'landmark detection'[tiab]
Web of Science	TS = ('Cephalometry' OR 'craniometry' OR 'cephalometric*' OR 'landmark detection')
Embase	'cephalometry'/exp OR 'cephalometry':ti,ab,kw OR 'cephalometric*':ti,ab,kw OR 'craniometry':ti,ab,kw OR 'landmark detection':ti,ab,kw
Grey Literature	'Cephalometry' OR 'craniometry' OR 'cephalometric*' OR 'landmark detection'

D. Data extraction and assessment

A meta-analysis was conducted using RStudio (version 2023.12.1, Posit Software, Boston, MA, USA) to evaluate the accuracy of 2D landmarks identification based on MRE and standard error (SE), where MRE value closer to zero corresponds to higher accuracy of automated landmarks identification. When multiple test datasets were used in the studies, they were assessed as separate groups to account for data variability. The summary measures included the MRE of test datasets with a 95% confidence interval (CI). Heterogeneity was examined using Q-value and I² statistics. The choice of statistical model was determined by the I² statistics, a measure of heterogeneity. If the I² was less than 50 %, indicating low heterogeneity, a fixed-effects model was used. Conversely, if the I² exceeded 50 %, suggesting substantial heterogeneity, a random-effects model was utilized. The selected model was then used to generate the forest plot. A P-value less than 0.05 was considered statistically significant.

Results and discussion

Study selection. The electronic database search has found 2082 articles. Of all of them 1026 were duplicates and 971 didn't meet the eligibility criteria based on their titles and abstracts. The remaining 76 articles were fully reviewed, resulting in the exclusion of a further 42 articles. Ultimately, 34 studies were considered eligible and included in the systematic review. The selection process is described in the PRISMA 2020 flowchart (Fig. 1).

Study characteristics. The included studies covered a 7-year period, from 2017 to 2023. Most studies were from Korea (n = 15), followed by China (n = 7), Japan (n = 3),

the United States (n = 3), Germany (n = 2), and one country each from France, Hong Kong, the Netherlands, and Turkey. AI-based automatic landmark recognition was applied to 2D cephalometric radiographs in 27 studies and 3D-CBCT images in 7 studies. The characteristics of these studies are summarized in Tables 2 and 3, respectively. Most studies (27) primarily examined the computational improvement of algorithms for landmark detection, while seven studies focused on clinical validation of established methods. Most studies primarily investigated computational improvements of landmark detection algorithms, while seven studies focused on clinical validation of established methods. The characteristics of these studies are shown in Tables 2 and 3, respectively. Nearly half of the 2D studies evaluated the accuracy of their AI algorithms using a publicly available benchmark dataset from the 2015 IEEE International Symposium on the Grand Challenge in Biomedical Imaging [21]. This dataset consists of 400 high-resolution tilted brain images (training set = 150, test set 1 = 150, test set 2 = 100) with 19 landmarks manually annotated by two experts (1 junior orthodontist and 1 senior orthodontist) as ground truth. These manually annotated benchmarks serve as benchmarks to measure the performance of the AI algorithms. The original image size was 1935 × 2400 pixels, with a resolution of 0.1 mm per pixel in the horizontal and vertical directions. The mean intra-observer variability for these landmarks was found to be 1.73 mm for the junior expert and 0.90 mm for the senior expert. In contrast, the inter-observer variability between the two experts was found to be 1.38 mm, indicating a reasonable accuracy target for automated landmark detection techniques. To compensate for any inter-observer variability, the mean position of the two points from both experts was used as the ground truth [21].

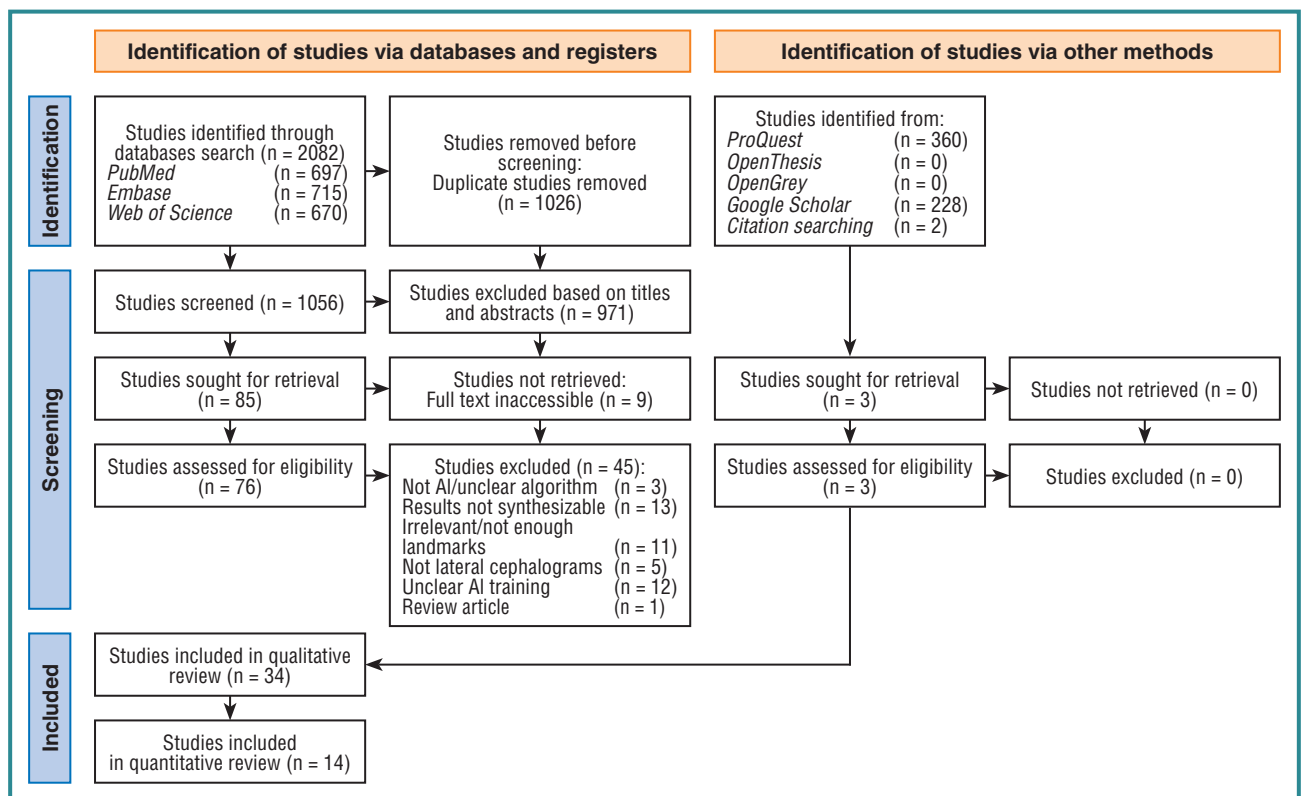


Figure 1. PRISMA flow diagram for systematic reviews

Table 2. Characteristics of included studies using 2D lateral cephalograms

1 st author	Year	Country of origin	Computational Improvement	Clinical validation	All framework	Landmarks (N)	Data source	Total sample	Train set	Test set	Train and test set separation	Resolution (mm/pixel)	SDR within 2 mm range or MRE in mm	SDR of gonion within 2 mm range or MRE in mm	Computational time
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
Arik et al. [27]	2017	USA	✓		Custom CNN combined with a shape model for refinement	19	IEEE Grand Challenge 2015	400	150	150 + 100	Yes	0.1	SDR Test 1: 75.37 % SDR Test 2: 67.68 %		
Bulatova et al. [51]	2021	USA		✓	CNN YOLOv3 by DDH Inc.	16	AAOF Legacy Denver collection	110			n/a	n/a	SDR: 75 %		
Chen et al. [3]	2019	Hong Kong	✓		VGG-19, ResNet20, and Inception: custom attentive feature pyramid fusion and regression voting	19	IEEE Grand Challenge 2015	400	150	150 + 100	Yes	0.1	Test 1: SDR: 86.67 % MRE 1: 1.17 ± 1.19 mm Test 2: SDR: 75.05 % MRE: 1.48 ± 0.77 mm		
Chen et al. [52]	2023	China	✓		U-shaped CNN with Monte Carlo dropout	19	IEEE Grand Challenge 2015 + own dataset (108)	508	258	150 + 100	Yes	0.1	Test 1: SDR: 79.65 % MRE: 1.39 ± 1.06 mm Test 2: SDR: 80.05 % MRE: 1.33 ± 0.93 mm	Test 1: SDR: 55.33 % MRE: 2.15 ± 1.50 mm Test 2: SDR: 52.0 % MRE: 2.20 ± 1.36 mm	0.75 s
Hong et al. [53]	2023	Korea	✓		Deep Q-network	19, 36	IEEE Grand Challenge 2015 + Samsung Medical Center (SMC) dataset (500)	900	150 + 420	150 + 100 + 80	Yes	0.1, 0.13	IEEE Test 1: SDR: 77.65 % MRE: 1.49 ± 1.42 mm Test 2: SDR: 70.47 % MRE: 1.60 ± 1.30 mm SMC dataset: SDR: 67.33 % MRE: 1.89 ± 1.50 mm		
Huang et al. [54]	2021	Germany	✓		LeNet-5 for ROI patches and ResNet50 for landmark location	19	CQ500 CTs (train) and IEEE Grand Challenge 2015 (test)	741	491	150 + 100	Yes	0.5	Test 1: SDR: 86.7 % Test 2: SDR: 73.7 %		
Hwang et al. [25]	2021	Korea		✓	Customized YOLOv3	19	n/a	2183	1983	200	Yes	n/a	SDR: 75.45 % MRE: 1.76 ± 2.16 mm	SDR: 38.0 % MRE: 2.75 ± 1.84 mm	
Kim et al. [42]	2020	Korea	✓		Stacked hour-glass-shaped DL model	23	Own dataset, IEEE Grand Challenge 2015	2475	Training: 1675 Validation: 175 Fine-tuning: 30 (IDBI)	225 + 100 (ISBI)	Yes	Own dataset: 0.127-0.15 ISBI: 0.1	SDR: 84.53 % Group 1 (test set: 200) MRE: 1.37 ± 1.79 mm		0.4 s

Continuation of the Table 2

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
Kim et al. [55]	2021	Korea	✓	✓	Multistage CNN	15	Kyung Hee University Dental Hospital	860	690	170	Yes	0.39	SDR: 87.13 % MRE: 1.030 ± 1.288 mm	SDR: 62.64 % MRE: 2.040 ± 1.727 mm	
Kim et al. [56]	2021	Korea		✓	DL model with a 2-step structure: a ROI machine and a detection machine	13	Yonsei Dental Hospital	950	Training: 800 Validation: 100	50	Yes	0.12	SDR: 64.3 % MRE: 1.84 mm		
Kwon et al. [32]	2021	Korea	✓	✓	Multistage probabilistic approach based on DeepLabv3	19	IEEE Grand Challenge 2015	400	Training: 150 Validation: 150	100	Yes	0.1	Validation test: SDR: 86.91 % MRE: 1.12 mm Test 2: SDR: 77.16 % MRE: 1.41 mm	Test 2: SDR: 85.00 % MRE: 1.20 mm	
Le et al. [39]	2022	Korea		✓	Deep Anatomical Context Feature Learning (DACFL)	41	Jeonbuk National University Dental Hospital	1293	1193	100	Yes	n/a	SDR: 73.32 % MRE: 1.87 ± 2.04 mm	SDR: 51 % MRE: 2.70 ± 2.14 mm	
Lee et al. [7]	2020	Korea	✓		Custom CNN for ROI and custom Bayesian CNN for landmark detection	19	IEEE Grand Challenge 2015	400	150	250	Yes	0.1	SDR: 82.11 % MLE (landmark): 1.53 ± 1.74 mm	SDR: 63.33 % MLE: 2.39 ± 4.77 mm	512 s (with 1 GPU) 38 s (with 4 GPUs)
Lee et al. [57]	2022	Korea	✓	✓	Single-passing CNN for an accurate regression of the landmarks	19	IEEE Grand Challenge 2015	400	150	150 + 100	Yes	0.1	Test 1: SDR: 86.42 % MRE: 1.19 ± 0.80 mm Test 2: SDR: 74.58 %	Test 1: SDR: 60.67 % Test 2: SDR: 77.00 %	
Noothout et al. [58]	2020	Netherlands	✓	✓	Custom FCNNs based on ResNet34	19	IEEE Grand Challenge 2015	400	Training: 140 Validation: 10	150 + 100	Yes	0.1	Test 1: SDR: 82 % Test 2: SDR: 72 %	Test 1: MRE: 2.12 ± 1.83 mm Test 2: MRE: 1.68 ± 1.61 mm	0.050 ± 0.009 s
Oh et al. [59]	2021	Korea	✓	✓	DACFL, custom FCN combined with a local feature perturbarator with anatomical configuration loss	19	IEEE Grand Challenge 2015	400	150	150 + 100	Yes	0.1	Test 1: SDR: 86.20 % Test 2: SDR: 75.89 %	Test 1: SDR: 60.1 % Test 2: SDR: 83.0 %	0.15 s
Park et al. [60]	2019	Korea		✓	YOLOv3 with modification and single shot multibox detector (SSD)	80	Seoul National University Dental Hospital	1311	1028	283	Yes	0.14	YOLOv3: SDR: 80.4 %	–	YOLOv3: 0.05 s SSD: 2.89 s
Qian et al. [28]	2020	China	✓	✓	Cepha-MN, combining U-Net-shaped networks, attention mechanism, and region enhancing loss	19	IEEE Grand Challenge 2015	400	150	150 + 100	Yes	0.1	Test 1: SDR: 87.61 % MRE: 1.15 mm Test 2: SDR: 76.32 % MRE: 1.43 mm	Test 1: SDR: 67.33 % MRE: 1.5941 mm Test 2: SDR: 81.00 % MRE: 1.3809 mm	

End of the Table 2

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
Song et al. [29]	2020	Japan	✓		Two-step approach: ROI extraction and ResNet50	19	IEEE Grand Challenge 2015, Shandong University for testing	500	150	150 + 100 + 100 (own dataset)	Yes	0.1	Test 1: SDR: 86.4 % MRE: 1.077 mm Test 2: SDR: 74.0 % MRE: 1.542 mm Own dataset: SDR: 62.0 % MRE: 2.1 mm	Test 1: SDR: 62.7 % MRE: 1.817 mm Test 2: SDR: 75.0 % MRE: 1.431 mm Own dataset: SDR: 51.0 % MRE: 2.4 mm	
Song et al. [61]	2021	Japan	✓		U-Net based with encoders and decoders and a second fine detection step	19	IEEE Grand Challenge 2015	400	150	150 + 100	Yes	0.1	Test 1: SDR: 85.2 % MRE: 1.194 mm Test 2: SDR: 72.2 % MRE: 1.643 mm	Test 1: SDR: 60.0 % MRE: 1.966 mm Test 2: SDR: 67.0 % MRE: 1.999 mm	4.0 s
Ugurlu et al. [62]	2022	Turkey	✓		CranioCatch: feature aggregation and refinement network (FARNet), CNN based DL model	21	Department of Orthodontics, Faculty of Dentistry, Eskişehir Osmangazi University	1620	Training: 1300 Validation: 140	180	Yes	n/a	SDR: 76.2 % MRE: 3.40 ± 1.57 mm	SDR: 48.3 % MRE: 8.304 ± 2.980 mm	
Wang et al. [63]	2021	China	✓		DCNN based on iterative method	19	IEEE Grand Challenge 2015	300	150	150	Yes	0.1	SDR: 87.51 %	SDR: 74.7 %	20 s
Yang et al. [2]	2023	Korea	✓		CephNet with FCN	19	Seoul National University	1286	Training: 704 Validation: 182	400	Yes	0.1	SDR: 73.14 % MRE: 1.75 ± 1.67 mm	SDR: 74.00 % MRE: 2.13 ± 3.47 mm	
Yao et al. [30]	2022	China	✓		CNN with a global detection module and a locally modified module	37	Department of oral and maxillofacial surgery, West China College of Stomatology Sichuan University	512	Training: 312 Validation: 100	100	Yes	0.125	Validation data: SDR: 97.30 % MRE: 1.127 ± 1.028 mm Test: SDR: 97.30 % MRE: 1.038 ± 0.893 mm	Test set: SDR: 65 % MRE: 1.721 ± 1.325 mm	3 s
Zeng et al. [64]	2021	China	✓		Cascaded three-stage CNN	19	IEEE Grand Challenge 2015 + own dataset (102)	502	150	150 + 100 + 102	Yes	0.1	Test 1: SDR: 81.37 % MRE: 1.34 ± 0.92 mm Test 2: SDR: 70.58 % MRE: 1.64 ± 0.91 mm Extra validation: SDR: 64.81 % MRE: 2.02 ± 1.89 mm	Test 1: SDR: 57.33 % MRE: 1.97 ± 1.10 mm Test 2: SDR: 69.00 % MRE: 1.59 ± 1.02 mm	
Zhao et al. [65]	2023	China	✓		Multi-scale YOLOv3	19	IEEE Grand Challenge 2015	400 Augmented to 2100	1950	150	Yes	0.1	SDR: 80.84 %	SDR: 55.33 %	
Zhong et al. [66]	2019	China	✓		2-stage (global and local) U-Net models	19	IEEE Grand Challenge 2015	400	150	150 + 100	Yes	0.1	Test 1: SDR: 86.91 % MRE: 1.12 ± 0.88 mm Test 2: SDR: 76.00 % MRE: 1.42 ± 0.84 mm		

Table 3. Characteristics of included studies using 3D-CBCT images

1 st author	Year	Country of origin	Computational Improvement	Clinical validation	AI framework	Landmarks (N)	Data source	Total sample	Train set	Test set	Train and test set separation	Resolution (mm ³ /Voxel)	SDR within 2 mm range or MRE in mm	SDR of gonion within 2 mm range or MRE in mm	Computational time
Dot et al. [67]	2022	France	✓		DL method based on Spatial Configuration Net (SCN)	33	Own dataset	198	Training: 128 Validation: 32	38	Yes	0.45	SDR: 90.4 % MRE: 1.0 ± 1.3 mm	SDR: L: 70.3 % R: 48.7 % MRE: L: 1.9 ± 1.7 mm R: 2.1 ± 1.4 mm	60 s
Lang et al. [23]	2022	USA	✓		DL method extending Mask R-CNN	105	n/a	50	–	–	n/a	0.4	MSE (squared): 1.38 ± 0.95 mm	–	–
Lee et al. [22]	2019	Korea	✓		VGG-19 (DL)	7	Own dataset	27	20	7	Yes	n/a	Average point-to-point error: 1.5 mm	–	–
Ma et al. [31]	2020	Japan		✓	Patch-based deep neural networks with a three-layer CNN	13	The University of Tokyo Hospital	66	58	8	Yes	0.35	Average landmarking error: 5.765 ± 0.980 mm	Landmarking error: L: 5 mm R: 4 mm	37,871 ± 3,766 s
Yun et al. [26]	2020	Korea	✓		Custom CNNs, combined skull normalization with variational autoencoder (VAE) for coarse to fine detection tasks	93	Own datasets	26 + 226	22 + 208	4 + 21	Yes	n/a	3D point-to-point error: 3.63 mm	–	–
Yun et al. [24]	2022	Korea	✓		Self-supervised DL method	90	Yonsei University	24	15	9	Yes	n/a	MDE (detection): 2.88 mm	–	–
Weingart et al. [68]	2023	Germany		✓	Deep Neural Patchwork	60	University Hospital Freiburg	30	15	15	Yes	n/a	SDR: 66.4 % Mean error: 1.94 ± 1.45 mm	–	2 min

Table 4. Potential cephalometric analysis using annotated landmarks

Cephalometric analysis	References
Steiner	Chen et al. [3], Chen et al. [52], Hong et al. [53], Lee et al. [7], Lang et al. [23], Yun et al. [24], Hwang et al. [25], Yun et al. [26], Park et al. [60], Arik et al. [27], Qian et al. [28], Yao et al. [30], Kwon et al. [32], Lee et al. [57], Oh et al. [59], Huang et al. [54], Kim et al. [42], Kim et al. [56], Le et al. [39], Noothout et al. [58], Song et al. [29], Song et al. [61], Ugurlu et al. [62], Wang et al. [63], Yang et al. [2], Zeng et al. [64], Zhong et al. [66], Zhao et al. [65], Dot et al. [67], Weingart et al. [68]
Down	Chen et al. [3], Chen et al. [52], Hong et al. [53], Lee et al. [7], Lee et al. [22], Lang et al. [23], Yun et al. [24], Hwang et al. [25], Yun et al. [26], Park et al. [60], Arik et al. [27], Qian et al. [28], Yao et al. [30], Lee et al. [57], Oh et al. [59], Huang et al. [54], Kim et al. [42], Kim et al. [55], Kim et al. [56], Le et al. [39], Noothout et al. [58], Song et al. [29], Song et al. [61], Ugurlu et al. [62], Wang et al. [63], Yang et al. [2], Zeng et al. [64], Zhao et al. [65], Zhong et al. [66], Dot et al. [67], Weingart et al. [68]
Wits appraisal	Hong et al. [53], Lang et al. [23], Yun et al. [24], Yun et al. [26], Park et al. [60], Yao et al. [30], Le et al. [39], Dot et al. [67], Weingart et al. [68]
Tweed	Hong et al. [53], Lang et al. [23], Yun et al. [24], Yun et al. [26], Park et al. [60], Yao et al. [30], Kim et al. [55], Le et al. [39], Dot et al. [67], Weingart et al. [68]
Ballard	Hong et al. [53], Yun et al. [24], Yun et al. [26], Park et al. [60], Yao et al. [30], Bulatova et al. [51], Le et al. [39], Dot et al. [67], Weingart et al. [68]

Among the included studies, the total number of landmarks tested ranged from 7 [22] to 105 [23]. The amount of data for training ranged from 15 [24] to 1983 images [25], while the test dataset ranged from 4 [26] to 400 images [2]. Studies that applied automated landmarking on 3D-CBCT images reported their accuracy as either mean error ($n = 7$) or SDR ($n = 2$), with the highest observed error being 5.785 mm [31]. Of all the landmarks on 2D and 3D images, gonion was generally the most challenging to locate automatically, where the lowest SDR was 38.0 % [25], and the highest was 85.00 % [32] within the 2 mm threshold. The computational time to automatically detect the landmarks was calculated in 11 articles, all of which reported a timing of less than 1 minute. Table 4 presents a list of cephalometric analyses that could potentially be performed using the automated landmarking proposed in the included studies. In terms of clinical applicability, the AI algorithms for automated landmark identification used in most studies could facilitate at least the Steiner and Down analyses. This was due to the algorithms' ability to identify the following landmarks: sella, nasion, point A, point B, pogonion, gnathion, menton, gonion, porion, orbitale, upper incisor, and lower incisor [33, 34].

Qualitative synthesis. Qualitative synthesis of all reported data related to automatic 2D and 3D landmark recognition has been performed. 2D studies, using only the IEEE dataset, demonstrated that the accuracy of test set 1 ranged from 75.37 [27] to 87.61 % [28], based on SDR values within a 2 mm tolerance threshold. In contrast, 18 studies using their own datasets, either alone or in combination with the IEEE dataset, showed SDRs ranging from 62.0 [11, 29] to 97.30 % [30].

Bias risk assessment. When using the QUADAS-2 tool, AI-based cephalometric landmark detection was used as the index test domain and "manual landmark placement by experts" was considered the standard reference domain. Most studies were at high risk of bias related to data selection (93 %), mainly because the authors did not use a random selection procedure. In addition, high risks also exist due to the use of reference standards. Overall, the applicability issues associated with the studies included in are high, with the exception of the use of the index test. A significant

portion of the studies included in the review are from East Asia (76.5 %), with less representation from Europe and the Americas. Many factors highlight the important role of East Asia in AI research and development [35, 36]. The evaluation results showed differences in the accuracy of landmark detection between different studies. This may be due to differences in sample sizes used in the training set, where large heterogeneous samples with anatomical variations provide a more comprehensive learning process, thus ensuring accuracy [37].

A separate dataset ensures that models are tested on data not encountered during training, providing a robust assessment of their generalizability [38]. Most 2D cephalometric studies have used publicly available datasets to train AI algorithms, with the aim of improving the accuracy and efficiency of automated landmark recognition through computational improvement, but the clinical applicability of AI tools remains questionable [39]. This is supported by studies included in the review focusing on clinical validation [29]. Further research should use multicenter datasets with different acquisition parameters for clinical validation [40]. In the field of AI, especially in the context of medical imaging and analysis, the complexity of a dataset is also assessed by various factors, such as the size and shape of anatomical structures, age, gender, type of malocclusion, ethnicity, and bone density [41, 42]. These features introduce a range of variables that the AI system must accurately identify and interpret [43]. The more complex the dataset, the more challenging it is for the AI to learn and make accurate predictions [37, 38, 44]. Hwang et al. trained the AI algorithm with 1983 2D images, each containing 19 annotated landmarks, and observed an accuracy of 73.2 % [25]. On the contrary, Lee et al. used a training set of 150 images and achieved a higher accuracy of 86 % [22]. Authors relied on the IEEE dataset which included patients without any craniofacial deformities and with similar radiological patterns [43]. On the other hand, Hwang et al.'s testing datasets included patients with variable heterogeneous radiological patterns, which the AI algorithm might not have accurately identified based on the homogeneous dataset used for training. 3D landmark detection involves identifying points within a volumetric space, which introduces additional complexity and challenges [24,

45]. Given the challenge of accurately detecting landmarks in three dimensions using small datasets, while still maintaining high accuracy within a 2 mm error threshold, it is advisable to conduct additional studies with a larger sample size [31]. Those findings were compared against a threshold of 2 mm, which is generally accepted as clinically acceptable for most cephalometric measurements [6]. Precise segmentation from CBCT hasn't been yet standardized in semiautomatic workflows [46, 47]. Cephalometric landmark selection included in our review was primarily based on their widespread use in orthodontics and clinical relevance [32, 33]. Among the different annotated landmarks on both 2D and 3D images, gonion was generally one of the most difficult landmarks to localize automatically and had the lowest detection rate. The identification of gonion appears to be a significant challenge not only for AI algorithms but also for experts. Additionally, the 3D error may be a consequence of discrepancies in volumetric segmentation or difficulties in determining the precise vertical position of gonion along broadly curved structures, a problem also commonly encountered by human observers [48]. Most studies have shown that AI algorithms can identify key landmarks in Steiner and Down's cephalometric analyses [33, 34]. A training set's landmarks can be identified manually by both inter- and intraobservers [49]. SPIRIT-AI and CONSORT-AI [50] are AI standards that should be followed in future studies as well.

Conclusions

The AI cephalometric landmark detection performance on both 2D cephalograms and lateral cephalograms synthesized from 3D images showed quite a huge potential in aspects of accuracy and time efficiency. However, further improvements are needed to enhance the generalizability and durability of these systems. Implementing AI-based landmark identification in future studies should expedite its development and pave the way for its potential to replace manual landmarking.

References

1. Lavergne J, Gasson N. Les classes II basales étudiées par les réseaux neuronaux. *L'Orthodontie Française*. 2008;79:91-7. doi: 10.1051/orthodfr:2008004.
2. Yang S, Eun Sun S, Lee ES, et al. Ceph-Net: automatic detection of cephalometric landmarks on scanned lateral cephalograms from children and adolescents using an attention-based stacked regression network. *BMC Oral Health*. 2023;23:1-17. doi: 10.1186/s12903-023-03452-7.
3. Chen R, Ma Y, Chen N, et al. Cephalometric landmark detection by attentive feature pyramid fusion and regression-voting. In: *Medical Image Computing and Computer Assisted Intervention — MICCAI 2019*. Cham: Springer International Publishing; 2019. 873-81. doi: 10.1007/978-3-030-32248-9_97.
4. Ye H, Cheng Z, Ungvijanpunya N, et al. Is automatic cephalometric software using artificial intelligence better than orthodontist experts in landmark identification? *BMC Oral Health*. 2023;23:467. doi: 10.1186/s12903-023-03188-4.
5. Lagravere M, Low C, Flores-Mir C, et al. Intraexaminer and interexaminer reliabilities of landmark identification on digitized lateral cephalograms and formatted 3-dimensional cone-beam computerized tomography images. *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics*. 2010;137:598-604. doi: 10.1016/j.ajodo.2008.07.018.
6. Duraõ AP, Morosolli A, Pittayapat P, et al. Cephalometric landmark variability among orthodontists and dentomaxillofacial radiologists: a comparative study. *Imaging Science in Dentistry*. 2015;45:213-20. doi: 10.5624/isd.2015.45.4.213.
7. Lee JH, Yu HJ, Kim MJ, et al. Automated cephalometric landmark detection with confidence regions using Bayesian convolutional neural networks. *BMC Oral Health*. 2020;20:270. doi: 10.1186/s12903-020-01256-7.
8. Schwendicke F, Chaurasia A, Arsiwala L, et al. Deep learning for cephalometric landmark detection: systematic review and meta-analysis. *Clinical Oral Investigations*. 2021;25:4299-309. doi: 10.1007/s00784-021-03990-w.
9. Schwendicke F, Samek W, Krois J. Artificial intelligence in dentistry: chances and challenges. *Journal of Dental Research*. 2020;99:769-74. doi: 10.1177/0022034520915714.
10. Sarker IH. Deep learning: a comprehensive overview on techniques, taxonomy, applications and research directions. *SN Computer Science*. 2021;2:420. doi: 10.1007/s42979-021-00815-1.
11. Chen YJ, Chen SK, Huang HW, et al. Reliability of landmark identification in cephalometric radiography acquired by a storage phosphor imaging system. *DentoMaxilloFacial Radiology*. 2004;33:301-6. doi: 10.1259/dmfr/85147715.
12. Mahto RK, Kafle D, Giri A, et al. Evaluation of fully automated cephalometric measurements obtained from web-based artificial intelligence driven platform. *BMC Oral Health*. 2022;22:132. doi: 10.1186/s12903-022-02170-w.
13. Serafin M, Baldini B, Cabitza F, et al. Accuracy of automated 3D cephalometric landmarks by deep learning algorithms: systematic review and meta-analysis. *La Radiologia Medica*. 2023;128:544-55. doi: 10.1007/s11547-023-01629-2.
14. Pittayapat P, Bornstein MM, Imada TS, et al. Accuracy of linear measurements using three imaging modalities: two lateral cephalograms and one 3D model from CBCT data. *European Journal of Orthodontics*. 2015;37:202-8. doi: 10.1093/ejo/cju036.
15. Baldini B, Cavagnetto D, Baselli G, et al. Cephalometric measurements performed on CBCT and reconstructed lateral cephalograms: a cross-sectional study providing a quantitative approach of differences and bias. *BMC Oral Health*. 2022;22:98. doi: 10.1186/s12903-022-02131-3.
16. Wang RH, Ho CT, Lin HH, et al. Three-dimensional cephalometry for orthognathic planning: normative data and analyses. *Journal of the Formosan Medical Association*. 2020;119:191-203. doi: 10.1016/j.jfma.2019.04.001.
17. Nalcaci R, Ozturk F, Sokucu O. A comparison of two-dimensional radiography and three-dimensional computed tomography in angular cephalometric measurements. *DentoMaxilloFacial Radiology*. 2010;39:100-6. doi: 10.1259/dmfr/82724776.
18. Page MJ, Moher D, Bossuyt PM, et al. Explanation and elaboration: updated guidance and exemplars for reporting systematic reviews. *BMJ*. 2021;372:160. doi: 10.1136/bmj.n160.
19. Whiting PF, Rutjes AWS, Westwood ME, et al; QUADAS-2 Group. QUADAS-2: a revised tool for the quality assessment of diagnostic accuracy studies. *Annals of Internal Medicine*. 2011;155:529-36. doi: 10.7326/0003-4819-155-8-201110180-00009.
20. Reitsma JB, Rutjes A, Whiting P, et al. Chapter 8: Assessing risk of bias and applicability. In: Deeks JJ, Bossuyt PM, Leeflang MM, Takwoingi Y (eds). *Cochrane Handbook for Systematic Reviews of Diagnostic Test Accuracy*. Version 2.0 (updated July 2023). Cochrane 2023. Available from: <https://training.cochrane.org/handbook-diagnostic-test-accuracy/current>.

21. Wang CW, Huang CT, Lee JH, et al. A benchmark for comparison of dental radiography analysis algorithms. *Medical Image Analysis*. 2016;31:63-76. doi: 10.1016/j.media.2016.02.004.
22. Lee SM, Kim HP, Jeon K, et al. Automatic 3D cephalometric annotation system using shadowed 2D image-based machine learning. *Physics in Medicine and Biology*. 2019;64:055002. doi: 10.1088/1361-6560/ab00c9.
23. Lang Y, Lian C, Xiao D, et al. Localization of craniomaxillofacial landmarks on CBCT images using 3D mask R-CNN and local dependency learning. *IEEE Transactions on Medical Imaging*. 2022;41:2856-66. doi: 10.1109/TMI.2022.3174513.
24. Yun HS, Hyun CM, Baek SH, et al. A semi-supervised learning approach for automated 3D cephalometric landmark identification using computed tomography. *PLoS One*. 2022;17:e0275114. doi: 10.1371/journal.pone.0275114.
25. Hwang HW, Moon JH, Kim MG, et al. Evaluation of automated cephalometric analysis based on the latest deep learning method. *The Angle Orthodontist*. 2021;91:329-35. doi: 10.2319/021220-100.1.
26. Yun HS, Jang TJ, Lee SM, et al. Learning-based local-to-global landmark annotation for automatic 3D cephalometry. *Physics in Medicine and Biology*. 2020;65:085018. doi: 10.1088/1361-6560/ab7a71.
27. Arik SO, Ibragimov B, Xing L. Fully automated quantitative cephalometry using convolutional neural networks. *Journal of Medical Imaging (Bellingham)*. 2017;4:014501. doi: 10.1117/1.JMI.4.1.014501.
28. Qian JH, Luo WZ, Cheng M, et al. CephaNN: A multi-head attention network for cephalometric landmark detection. *IEEE Access*. 2020;8:112633-641.
29. Song Y, Qiao X, Iwamoto Y, et al. Automatic cephalometric landmark detection on X-ray images using a deep-learning method. *Applied Sciences-Basel*. 2020;10:2547. doi: 10.3390/app10072547.
30. Yao J, Zeng W, He T, et al. Automatic localization of cephalometric landmarks based on convolutional neural network. *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics*. 2022;161:e250-9. doi: 10.1016/j.ajodo.2021.09.012.
31. Ma Q, Kobayashi E, Fan B, et al. Automatic 3D landmarking model using patch-based deep neural networks for CT image of oral and maxillofacial surgery. *The International Journal of Medical Robotics*. 2020;16:2093. doi: 10.1002/rcs.2093.
32. Kwon H, Koo H, Park J, et al. Multistage probabilistic approach for the localization of cephalometric landmarks. *IEEE Access*. 2021;9:21306-14.
33. Steiner CC. Cephalometrics for you and me. *American Journal of Orthodontics*. 1953;39:729-55. doi: 10.1016/0002-9416(53)90082-7.
34. Downs W. The role of cephalometrics in orthodontic case analysis and diagnosis. *American Journal of Orthodontics*. 1952;38:20.
35. Addo PM. Artificial intelligence, developing-country science and bilateral co-operation, in *OECD, Artificial Intelligence in Science: Challenges, Opportunities and the Future of Research*. OECD. Paris: OECD Publishing; 2023. doi: 10.1787/4edb761e-en.
36. Hankins E, Nettel PF, Martinescu L, et al. Government AI readiness index 2023. *Oxford Insights*; 2023. Available from: <https://oxfordinsights.com/ai-readiness/ai-readiness-index/>.
37. Renard F, Guedria S, Palma N, et al. Variability and reproducibility in deep learning for medical image segmentation. *Scientific Reports*. 2020;10:13724. doi: 10.1038/s41598-020-69920-0.
38. Eche T, Schwartz LH, Mokrane FZ, et al. Toward generalizability in the deployment of artificial intelligence in radiology: role of computation stress testing to overcome under specification. *Radiology Artificial Intelligence*. 2021;3:210097. doi: 10.1148/ryai.2021210097.
39. Le VNT, Kang J, Oh IS, et al. Effectiveness of human-artificial intelligence collaboration in cephalometric landmark detection. *Journal of Personalized Medicine*. 2022;12:387. doi: 10.3390/jpm12030387.
40. Tanikawa C, Oka A, Lim J, et al. Clinical applicability of automated cephalometric landmark identification: Part II — Number of images needed to re-learn various quality of images. *Orthodontics and Craniofacial Research*. 2021;24:53-8. doi: 10.1111/ocr.12511.
41. Darkwah WK, Kadri A, Adormaa BB, et al. Cephalometric study of the relationship between facial morphology and ethnicity: review article. *Translational Research in Anatomy*. 2018;12:20-4. doi: 10.1016/j.tria.2018.07.001.
42. Kim H, Shim E, Park J, et al. Web-based fully automated cephalometric analysis by deep learning. *Computer Methods and Programs in Biomedicine*. 2020;194:105513. doi: 10.1016/j.cmpb.2020.105513.
43. Wang CW, Huang CT, Hsieh MC, et al. Evaluation and comparison of anatomical landmark detection methods for cephalometric X-ray images: a grand challenge. *IEEE Transactions on Medical Imaging*. 2015;34:1890-900. doi: 10.1109/TMI.2015.2412951.
44. Tanikawa C, Lee C, Lim J, et al. Clinical applicability of automated cephalometric landmark identification: Part I — Patient-related identification errors. *Orthodontics and Craniofacial Research*. 2021;24:43-52. doi: 10.1111/ocr.12501.
45. Schlicher W, Nielsen I, Huang JC, et al. Consistency and precision of landmark identification in three-dimensional cone beam computed tomography scans. *European Journal of Orthodontics*. 2012;34:263-75. doi: 10.1093/ejo/cjq144.
46. Verhelst PJ, Smolders A, Beznik T, et al. Layered deep learning for automatic mandibular segmentation in cone-beam computed tomography. *Journal of Dentistry*. 2021;114:103786. doi: 10.1016/j.jdent.2021.103786.
47. Preda F, Morgan N, Van Gerven A, et al. Deep convolutional neural network-based automated segmentation of the maxillofacial complex from cone-beam computed tomography: a validation study. *Journal of Dentistry*. 2022;124:104238. doi: 10.1016/j.jdent.2022.104238.
48. Chien PC, Parks E, Eraso F, et al. Comparison of reliability in anatomical landmark identification using two-dimensional digital cephalometrics and three-dimensional cone beam computed tomography in vivo. *DentoMaxillofacial Radiology*. 2009;38:262-73. doi: 10.1259/dmfr/81889955.
49. De Queiroz Tavares Borges Mesquita G, Vieira WA, Vidigal MTC, et al. Artificial intelligence for detecting cephalometric landmarks: a systematic review and meta-analysis. *Journal of Digital Imaging*. 2023;36:1158-79. doi: 10.1007/s10278-022-00766-w.
50. Schwendicke F, Krois J. Better reporting of studies on artificial intelligence: CONSORT-AI and beyond. *Journal of Dental Research*. 2021;100:677-80. doi: 10.1177/0022034521998337.
51. Bulatova G, Kusnoto B, Grace V, et al. Assessment of automatic cephalometric landmark identification using artificial intelligence. *Orthodontics and Craniofacial Research*. 2021;24:37-42. doi: 10.1111/ocr.12542.
52. Chen J, Che H, Sun J, et al. An automatic cephalometric landmark detection method based on heatmap regression and Monte Carlo dropout. *Annual International Conference of the IEEE Engineering in Medicine and Biology Society*. 2023;2023:1-4. doi: 10.2139/ssrn.4184448.
53. Hong W, Kim SM, Choi J, et al. Automated cephalometric landmark detection using deep reinforcement learning. *The Journal of Craniofacial Surgery*. 2023;34:2336-42. doi: 10.1097/SCS.00000000000009685.

54. Huang Y, Fan F, Syben C, et al. Cephalogram synthesis and landmark detection in dental cone-beam CT systems. *Medical Image Analysis*. 2021;70:102028. doi: 10.1016/j.media.2021.102028.
55. Kim MJ, Liu Y, Oh SH, et al. Automatic cephalometric landmark identification system based on the multi-stage convolutional neural networks with CBCT combination images. *Sensors (Basel)*. 2021;21:505. doi: 10.3390/s21020505.
56. Kim YH, Lee C, Ha EG, et al. A fully deep learning model for the automatic identification of cephalometric landmarks. *Imaging Science in Dentistry*. 2021;51:299-306. doi: 10.5624/isd.20210077.
57. Lee M, Chung M, Shin YG. Cephalometric landmark detection via global and local encoders and patch-wise attentions. *Neurocomputing*. 2022;470:182-9. doi: 10.1016/j.neucom.2021.11.003.
58. Noothout JMH, De Vos BD, Wolterink JM, et al. Deep learning-based regression and classification for automatic landmark localization in medical images. *IEEE Transactions on Medical Imaging*. 2020;39:4011-22. doi: 10.1109/TMI.2020.3009002.
59. Oh K, Oh IS, Le VNT, et al. Deep anatomical context feature learning for cephalometric landmark detection. *IEEE Journal of Biomedical Health Informatics*. 2021;25:806-17. doi: 10.1109/JBHI.2020.3002582.
60. Park JH, Hwang HW, Moon JH, et al. Automated identification of cephalometric landmarks: Part I — Comparisons between the latest deep-learning methods YOLOV3 and SSD. *The Angle Orthodontist*. 2019;89:903-9. doi: 10.2319/022019-127.1.
61. Song Y, Qiao X, Iwamoto Y, et al. An efficient deep learning based coarse-to-fine cephalometric landmark detection method. *IECI Transactions on Information and Systems*. 2021;E104.D:1359-66. doi: 10.1587/transinf.2021edp7001.
62. Uğurlu M. Performance of a convolutional neural network-based artificial intelligence algorithm for automatic cephalometric landmark detection. *Turkish Journal of Orthodontics*. 2022;35:94-100. doi: 10.5152/TurkJOrthod.2022.22026.
63. Wang L, Ma L, Li Y, et al. A DCNN system based on an iterative method for automatic landmark detection in cephalometric X-ray images. *Biomedical Signal Processing and Control*. 2021;68:102757. doi: 10.1016/j.bspc.2021.102757.
64. Zeng M, Yan Z, Liu S, et al. Cascaded convolutional networks for automatic cephalometric landmark detection. *Medical Image Analysis*. 2021;68:101904. doi: 10.1016/j.media.2020.101904.
65. Zhao C, Yuan Z, Luo S, et al. Automatic recognition of cephalometric landmarks via multi-scale sampling strategy. *Heliyon*. 2023;9:e17459. doi: 10.1016/j.heliyon.2023.e17459.
66. Zhong Z, Li J, Zhang Z, et al. An attention-guided deep regression model for landmark detection in cephalograms. In: *Medical Image Computing and Computer Assisted Intervention — MICCAI 2019*. Cham: Springer International Publishing; 2019. 540-8. doi: 10.1007/978-3-030-32226-7_60.
67. Dot G, Schouman T, Chang S, et al. Automatic 3-dimensional cephalometric landmarking via deep learning. *Journal of Dental Research*. 2022;101:1380-7. doi: 10.1177/00220345221112333.
68. Weingart JV, Schlager S, Metzger MC, et al. Automated detection of cephalometric landmarks using deep neural patchworks. *DentoMaxilloFacial Radiology*. 2023;52:20230059. doi: 10.1259/dmfr.20230059.

Received 02.09.2024

Revised 10.10.2024

Accepted 15.10.2024 ■

Information about authors

Kyryl G. Krymovskyy, Assistant at the Department of Orthodontics and Prosthodontics Propedeutics, Bogomolets National Medical University, Kyiv, Ukraine; e-mail: creyys23@ukr.net; <https://orcid.org/0000-0003-0484-5329>

Mileschenko A., Department of Orthodontics and Prosthodontics Propedeutics, Bogomolets National Medical University, Kyiv, Ukraine; e-mail: nasta.mileschenko@gmail.com; <https://orcid.org/0009-0006-5321-6659>

Brychko T., Senior Laboratory Assistant at the Department of Orthodontics and Prosthodontics Propedeutics, Bogomolets National Medical University, Kyiv, Ukraine; e-mail: brychkoTM@ukr.net; <https://orcid.org/0009-0004-0453-2001>

Conflicts of interests. Authors declare the absence of any conflicts of interests and own financial interest that might be construed to influence the results or interpretation of the manuscript.

Authors' contribution. All authors have read and agreed to the published version of the manuscript.

Information about funding. This research received no external funding.

Кримвський К., Мілещенко А., Бричко Т.
Національний медичний університет імені О.О. Богомольця, м. Київ, Україна

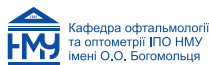
Чи можлива повна заміна традиційних цефалометричних аналізів 3D-цефалометрією на основі штучного інтелекту в найближчому майбутньому? (Систематичний огляд)

Резюме. Актуальність. Сучасні цефалометричні аналізи надають дані анатомічних вимірювань, що необхідні як для ортодонтів, так і для щелепно-лицевих хірургів. **Мета:** дослідити точність і ефективність автоматизованого визначення орієнтирів на основі штучного інтелекту (ШІ) для цефалометричного аналізу на двовимірних (2D) бічних цефалограмах та бічних цефалограмах, отриманих із тривимірних (3D) конусно-променевих комп'ютерних томографічних (КПКТ) зображень, у сучасній ортодонтичній практиці. **Матеріали та методи.** Пошукові дослідження проводили в базах PubMed, Web of Science та Embase за період до 2024 року. Використовували двосторонню стратегію пошуку, яка включала поєднання технічного інтересу (ШІ, машинне й глибоке навчання) і діагностичної мети (визначення анатомічних орієнтирів для аналізу рентгенограми черепа). Кожне поняття включало терміни MeSH та ключові слова. Для мінімізації ризику системної

помилки був проведений всебічний пошук сірої літератури з використанням таких баз даних, як ProQuest, Google Scholar, OpenThesis і OpenGrey. **Результати.** Після видалення дублікатів, скринінгу назв і рефератів, повнотекстового читання було відібрано 34 публікації. Серед них у 27 дослідженнях оцінювали точність автоматизованого маркування на 2D бічних цефалограмах на основі ШІ, тоді як 7 досліджень включали 3D-КПКТ зображення. У більшості робіт профмоніторингований високий ризик системної помилки при виборі даних (n = 27) і референтного стандарту (n = 29). **Висновки.** ШІ-цефалометричне визначення орієнтирів як на 2D-, так і на бічних цефалограмах, синтезованих із 3D-зображень, показало досить великий потенціал з точки зору точності й ефективності використання часу.

Ключові слова: ортодонція; анатомічні орієнтири; цефалометрія; штучний інтелект

I Міжнародна науково-практична конференція «ORBIT Ukraine 2024»: обмін досвідом і найближчі перспективи (короткий огляд)



24–25 травня 2024 року в столичному Premier Palace Hotel відбулася Міжнародна науково-практична конференція «Orbit Ukraine 2024». Проведенню цього надзвичайно важливого та перспективного наукового форуму передувала кропітка підготовка великої команди однодумців. Основою організаційного комітету стали колективи кафедри щелепно-лицевої хірургії та сучасних стоматологічних технологій Інституту післядипломної освіти НМУ імені О.О. Богомольця і кафедри офтальмології та оптометрії Інституту післядипломної освіти НМУ імені О.О. Богомольця, а також профільні професійні асоціації та об'єднання. Вони поставили собі за амбітну мету узагальнити досвід вітчизняних колег з комплексного менеджменту бойової травми щелепно-лицевої ділянки, зокрема органа зору. Саме це завдання й було реалізоване повною мірою.

Тематика доповідей була визначена закономірно і цілком логічно. Бойову хірургічну травму, при якій відбуваються вогнепальні поранення черепа й головного мозку, на даному етапі війни та надання спеціалізованої медичної допомоги визначають у 48,4 % випадків, вогнепальні поранення органа зору — у 3,8 %, руйнування ока й орбіти — у 2,3 % (Федірко І.В. та ін., 2023). У період проведення Антитерористичної операції/Операції Об'єднаних сил (2014–2022 рр.) у загальній структурі санітарних втрат поранені в ще-

лепно-лицеву ділянку становили близько 6 %, а за даними щелепно-лицевого відділення Військово-медичного клінічного центру «Головний військовий клінічний госпіталь», локалізація уражень у ділянці голови та шиї при надходженні становить 35 % у структурі різних поранень. Такого роду травматичні пошкодження призводять до неминучої інвалідизації та потребують тривалої реабілітації, програма якої і була одним з предметів обговорення під час цього заходу.



Учасники й гості заходу (зліва направо): проф. Ю.В. Чепурний, проф. О.О. Астапенко, проф. І.В. Шаргородська, проф. А.В. Копчак, проф. О.А. Канюра, проф. О.В. Петренко, Ж.В. Чувалова, ас. Т.О. Павличук, проф. С.О. Риков

Захід був організований за сприяння адміністрації Національного медичного університету імені О.О. Богомольця і входив до переліку заходів безперервного професійного розвитку для лікарів з отриманням відповідних залікових балів.

Представляючи адміністрацію університету, захід урочисто відкрив проректор з науково-педагогічної та лікувальної роботи, заслужений лікар України, професор Олександр Андрійович Канюра, який зазначив, що зібрання такого формату є традиційними і дуже нагальними, вони формують у клініцистів чітке бачення перспектив розвитку, а обмін досвідом допомагає не лише розвивати критичне мислення, але й напрацьовувати корисні особисті контакти серед професійної спільноти. З вітальним словом виступила директор Центральної поліклініки МВС України Тетяна Іванівна Гладуш, яка побажала учасникам плідної роботи й зазначила, що персонал відомчої структури, яку вона має за честь представляти, завжди готовий до співпраці й надання високоякісної спеціалізованої медичної допомоги.

Контингент учасників включав щелепно-лицевих хірургів, офтальмологів, лор-лікарів, дерматологів, пластичних хірургів з різних регіонів України. З доповідями виступили провідні фахівці України і світу, зокрема Реймонд Чо, Хорхе Корона і Стюарт Сейф (США), Діпак Комат (Велика Британія), Ендрю Ліндфорс і Йоханна Снел (Фінляндія), Марцін Козакевич (Польща). Роман Хоссейн Хонсарі з госпіталю Некер (Париж, Франція), який вкотре відвідав Україну особисто, поділився своїм досвідом у лікуванні й комплексній реабілітації маленьких пацієнтів з краніосиностозами.

Тематика доповідей стосувалась хірургії очної ямки, менеджменту перелому стінок очної ямки, а також оculoпластичної та реконструктивної хірургії повік, періорбітальної ділянки й слізного апарату. Окремий блок був присвячений питанням бойової травми, вторинним реконструкціям, хірургічним корекціям гіпертелоризму та інших вроджених вад черепа, особливостям травматичних пошкоджень очної ямки в дітей. Не залишили без уваги питання пластичних і реконструктивних втручань на повіках і слізному апараті, естетичної хірургії та онкологічних захворювань шкіри.



Обговорення тематики реконструктивної хірургії повік. На фото (зліва направо): проф. А.В. Копчак, проф. О.В. Петренко, спеціаліст у галузі 3D-друку Д. Приходько



Медична виставка товарів і послуг у кулуарах конференц-холу



Щелепно-лицевий хірург Р. Хонсарі (Франція) і к.м.н. О.В. Кравець (Інститут раку МОЗ України, Київ)



Учасники й гості форуму: проф. І.В. Шаргородська, проф. С.О. Риков, волонтер В. Калиновська, проф. О.В. Ковальчук, к.м.н., секретар ASOEP О.Ю. Денисюк

Загалом захід відбувся у невимушеній доброзичливій атмосфері, з обміном досвідом і пізнанням нової інформації, адже в лікарів теж свій фронт — медичний, що потребує стійкості в питаннях реабілітації постраждалих бійців, відновлення і повернення до повноцінного життя наших громадян.

Велика подяка всім, хто долучився, брав участь у доповідях і панельних дискусіях, спонсорам і волонтерам. Сподіваємось, конференції такого роду з подібним форматом наповнення стануть традиційними в нашій професійній спільноті.

Оргкомітет конференції ■

Україномовний варіант науково-практичної конференції «ORBIT Ukraine 2024» (у записі):

<https://youtube.com/live/HSxksRzGJT?feature=share>



Англomовний варіант науково-практичної конференції «ORBIT Ukraine 2024» (у записі):

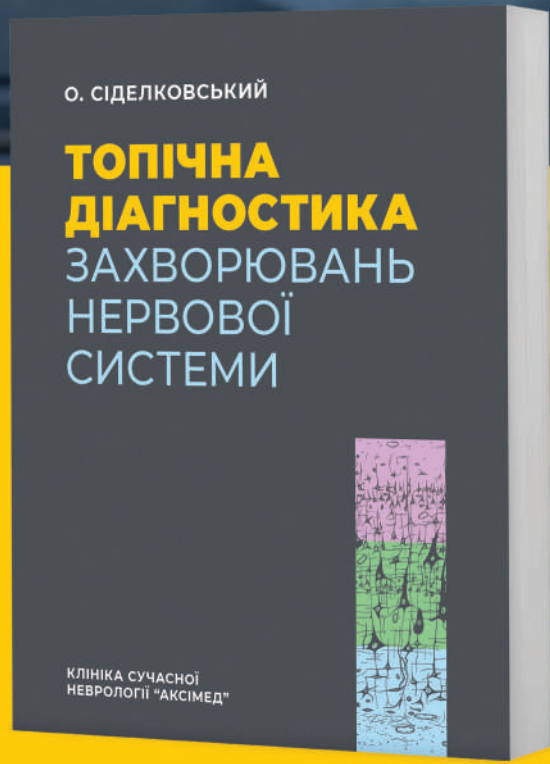
<https://youtube.com/live/KK1BNFn7lqo?feature=share>





**ТИРАЖ
ОБМЕЖЕНИЙ**

СКОРО У ПРОДАЖУ!
Більше 200 унікальних ілюстрацій.



О. СІДЕЛКОВСЬКИЙ

**ТОПІЧНА
ДІАГНОСТИКА**
ЗАХВОРЮВАНЬ
НЕРВОВОЇ
СИСТЕМИ

КЛІНІКА СУЧАСНОЇ
НЕВРОЛОГІЇ "АКСІМЕД"



AKSIMED.UA
(044) 390-0055



«Аксімед»
завжди
попереду!

НА БАЗІ КЛІНІКИ «АКСІМЕД» ВІДКРИТО СУЧАСНИЙ

ЦЕНТР ПРОБЛЕМ СНУ

ЕФЕКТИВНА ДІАГНОСТИКА ТА ЛІКУВАННЯ:

- порушень дихання уві сні (нічне апное);
- усіх видів безсоння;
- синдрому неспокійних ніг.

ПРОВІДИМО НАЙСУЧАСНІШУ
ПОЛІСОМНОГРАФІЮ



AKSIMED.UA • 044 390 00 55