

**МІНІСТЕРСТВО ОХОРОНИ ЗДОРОВ'Я УКРАЇНИ**  
**НАЦІОНАЛЬНИЙ МЕДИЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ**  
**ІМЕНІ О. О. БОГОМОЛЬЦЯ**

Кваліфікаційна наукова  
праця на правах рукопису  
УДК 616.314-073.7:004.9]-047.37

**БУРЛАКОВ ПАВЛО ОЛЕКСАНДРОВИЧ**

**РОЗРОБКА НОВИХ МЕТОДІВ 3D ЦЕФАЛОМЕТРИЧНОГО АНАЛІЗУ**

Галузь знань 22 «Охорона здоров'я»  
Спеціальність 221 «Стоматологія»

Подається на здобуття наукового ступеня доктора філософії

Дисертація містить результати власних досліджень. Використання ідей,  
результатів і текстів інших авторів мають посилання на відповідне джерело  
\_\_\_\_\_ Бурлаков П.О.

Науковий керівник: Фліс Петро Семенович, доктор медичних наук, професор

Київ – 2024

## АНОТАЦІЯ

*Бурлаков П.О.* Розробка нових методів 3D цефалометричного аналізу. – Кваліфікаційна наукова праця на правах рукопису.

Дисертація на здобуття наукового ступеня доктора філософії (PhD) в галузі знань 22 «Охорона здоров'я» за спеціальністю 221 «Стоматологія». – Національний медичний університет імені О.О. Богомольця, МОЗ України, Київ, 2024.

Широке застосування бічної та прямої цефалометрії в ортодонтичній практиці, з метою визначення особливостей будови лицевого черепа у пацієнтів з різними зубощелепними аномаліями, дозволило проводити диференційну діагностику нозологічних форм зубощелепних аномалій та обрати найбільш ефективний метод ортодонтичного лікування. Проте, не вирішеним залишається питання 3D цефалометричних референтних значень та питання актуальності використання загальноприйнятих 2D норм, по причині ненадійності їх, так як деякі з них були розроблені без використання принципів доказової медицини та мають багато недоліків з дизайном дослідження при їх розробці. При аналізі світових протоколів діагностики нами не виявлено чіткої рекомендації для DAP при проведенні 3D цефалометричного аналізу та відсутність чітких протоколів з використання цього методу діагностики при обстеженні ортодонтичних пацієнтів.

Дисертаційна робота присвячена вирішенню актуальної проблеми – розробці референтних нормативних значень 3D цефалометричного аналізу, які можна використовувати для постановки остаточного діагнозу після проведення 3D цефалометрії, що підвищить ефективність діагностичних алгоритмів та змінить підходи в протоколах діагностики. Проведений нами метааналіз свідчить, що з технічним прогресом сучасного світу потрібно розвивати та розробляти нові підходи та протоколи діагностики пацієнтів, а також нові методи цефалометричного аналізу для зменшення рентгенологічного навантаження.

**Метою дисертаційної роботи є** підвищення якості та ефективності діагностики ортодонтичних пацієнтів шляхом розробки нового 3D цефалометричного аналізу та нормативних значень до нього. Запропонований нами аналіз можна використовувати на КПКТ знімках середнього поля зору (FOV), та на знімках, які утворені за рахунок об'єднання 3 знімків (верхньої та нижньої щелепи і СНЩС).

Для досягнення поставленої мети дослідження проводилося з дотриманням принципів біоетики та доказової медицини відповідно до принципів належної клінічної практики і особливо до вимог конфіденційності.

Дизайн дослідження було схвалено комісією з питань біоетичної експертизи та етики наукових досліджень при Національному медичному університеті імені О.О. Богомольця.

**Завдання дослідження:**

1. Розробити референтні нормативні значення для 3D цефалометричного аналізу.
2. Розробити практичні рекомендації для вибору механіки ортодонтичного лікування для пацієнтів 2 та 3 класу в залежності від отриманих даних цефалометричних параметрів.
3. Розробити новий протокол діагностики ортодонтичних пацієнтів з дотриманням принципів ALARA зі зменшенням DAP.
4. Розробити алгоритм переносу сканованих моделей в віртуальний артикулятор по об'єднаних КПКТ знімках.
5. Розробити метод аналізу статичної оклюзії в сагітальній площині

**Об'єкт дослідження:** ретроспективно відібрані КПКТ зображення пацієнтів з нормативними параметрами (зі збереженими ключами оклюзії за Ендрюсом), пацієнти 18-25 років з 2 і 3 класом за Енглем та оклюзійні співвідношення зубних рядів.

**Предмет дослідження:** протокол діагностики ортодонтичних пацієнтів, розроблений з дотриманням принципів ALARA, який включає в себе 3D цефалометрію, аналіз статичної та динамічної оклюзії у віртуальному

артикуляторі.

**Методи дослідження:** клінічні – огляд, обстеження порожнини рота, аналіз оклюзії (копірувальним папером); рентгенологічні – КПКТ черепа, верхньої/нижньої щелеп та СНЩС з послідуочим об'єднанням в програмі Mimics Medical (Materialise), 3D цефалометрія; цифрові – цифрові моделі щелеп, аналіз оклюзії у віртуальному артикуляторі в Exocad; статистичні – визначення нормативних параметрів для цефалометричного аналізу з середнім відхиленням, пошук кореляційних залежностей.

Відбір пацієнтів відбувався в 2 етапи: перший – ретроспективний відбір КПКТ зображень черепів пацієнтів на основі бази даних клініки Добробут та CLDN, серед 2305 зображень було відібрано 48, які відповідали критеріям включення. Критерії включення: 1. Пацієнти віком 18-25 років; 2. Європеїдна раса; 3. Симетричне і пропорційне обличчя; 4. Збережені ключі оклюзії по Ендрюсу; 5. Збережена анатомія головок СНЩС; 6. Зі стоматологічним анамнезом (лікування карієсу, пульпіту). Після проведеного цефалометричного аналізу залишилось 41 КПКТ зображення черепу для подальшого аналізу з розробкою референтних значень нормативних параметрів. Другий етап: відбір пацієнтів котрі звернулись за стоматологічною допомогою на базу кафедри ортодонції та пропедевтики ортопедичної стоматології та Стоматологічного медичного центру НМУ імені О.О. Богомольця, а також клініки «Ехріг». Всього оглянуто 217 осіб. Для подальшого дослідження було відібрано 64 пацієнти, але через військовий стан їх кількість зменшилась і склала 48 осіб. Всі пацієнти, які прийняли участь у подальшому обстеженні відповідали наступним критеріям включення: 1. Вік від 18 до 35 років; 2. Європеїдної раси; 3. Дистальний прикус; 4. Дистальний прикус, ускладнений глибоким (денто-альвеолярна форма); 5. Мезіальний прикус; 6. Мезіальний прикус, ускладнений перехресним.

З 48 осіб була сформована основна група пацієнтів, яка розділена на 2 групи: перша – пацієнти з 2 класом (дистальний прикус та дистальний прикус

ускладнений глибоким денто-альвеолярна форма) та друга група – пацієнти з 3 класом (мезіальний прикус та мезіальний прикус ускладнений перехресним), які були розділені за гендером.

З метою постановки остаточного діагнозу та складання плану лікування всім пацієнтам було отримано відбитки та проведено КПКТ дослідження верхньої та нижньої щелеп та СНЦС з послідуочим об'єднанням знімків в програмі Mimics Medical, а також цефалометричним аналізом на основі цих знімків та аналізом оклюзії в віртуальному артикуляторі в програмі Exocad, де гіпсування відбувається по КПКТ знімках попередньо підготовлених (добавлена франкфуртська горизонталь та трикутник на латеральні полюси суглобів).

Нами модифіковано раніше розроблений аналіз та додано в нього дентальні параметри, такі як: OB, OJ, Witt's, MP без точки Go. Більш детально вивчено та знайдено кореляційний зв'язок між просторовим розміщенням щелеп в сагітальній площині та розміром щелеп, а також, те що співвідношення між щелепами для пацієнтів з 1 скелетним класом не залежно від гендеру становило в межах до 2мм (A-TVP та B-TVP). Було запропоновано рекомендації у виборі механіки лікування для пацієнтів з 2 чи 3 класом в залежності від співвідношення між A-TVP та B-TVP. Експериментально встановлено можливість проведення цефалометрії на об'єднаних знімках при сумарній DAP 856 mGr\*cm<sup>2</sup>.

В ході виконання дисертаційної роботи при клінічному огляді були пацієнти з 1 класом за Енглеом, які не ввійшли в основну групу лікування, але їм проводився клінічний аналіз оклюзії копірувальним папером. На основі отриманих даних нами був запропонований та розроблений метод аналізу статичної оклюзії в сагітальній площині, який базується на анатомо-морфологічній будові оклюзійної поверхні зубів, що допомагає полегшити клініцистам складання плану лікування в кожному конкретному випадку.

Також нами модифікований аналіз оклюзії в трансверзальній площині де було додано критерії контакту в залежності від того чи це вершина горбика,

скат чи фісура.

В ході виконання дисертаційної роботи нами запропонований, теоретично описаний та практично випробуваний новий протокол діагностики, який включав в себе 3D цефалометричний аналіз на основі розробленого нами методу DVB+, аналіз статичної оклюзії в сагітальній та трансверзальній площинах, а також аналіз динамічної оклюзії в віртуальному артикуляторі Eхосad, перенесення положення верхньої щелепи в який відбувалось за допомогою КПКТ.

Результати статистично оброблені за допомогою математичної програми медико-біологічної статистики Statistica 6.0. Зібрані дані математично обраховані та статистично оброблені. Нами розраховано середні значення норми залежно від гендеру та стандартні відхилення для кожного параметра цефалометричного аналізу DVB+, також знайдено сильний кореляційний зв'язок, за формулою Пірсона, між розмірами щелеп та їх сагітальним положенням.

#### **Наукова новизна одержаних результатів:**

Вперше розроблено референтні нормативні значення 3D цефалометричного аналізу для середнього поля зору (FOV) та вперше встановлено взаємозв'язок між сагітальним положенням щелеп у просторі та їх розміром.

Вперше розроблено метод 3D цефалометрії на основі об'єднаних КПКТ зображень верхньої та нижньої щелеп та СНЩС, що дозволяє зробити цей метод більш доступним для лікарів і зменшує рентгенологічне навантаження на пацієнтів.

Експериментально вивчено позиціонування пацієнта з використанням фантому черепа в КПКТ сканері з метою отримання краю орбіти при проведенні комп'ютерної томографії верхньої та нижньої щелеп.

На основі отриманих даних цефалометричного аналізу DVB+ розроблено практичні рекомендації по вибору механіки лікування для пацієнтів з 2 та 3 класом за Енглеом.

Розроблено та запропоновано метод аналізу статичних оклюзійних контактів зубів на основі морфологічної будови оклюзійної поверхні зубів.

Вперше запропоновано цифровий протокол діагностики ортодонтичного пацієнта, який включає в себе 3D цефалометричний аналіз та аналіз статичної та динамічної оклюзії в віртуальному артикуляторі.

*Ключові слова:* Конусно-променева комп'ютерна томографія (КПКТ), 3D(трьох вимірні), цефалометрія, система автоматизованого проєктування(САП) рентгенологічне навантаження (DAP), діагностика, віртуальний артикулятор, оклюзія, скронево-нижньощелепний суглоб(СНЩС), ортодонція, патологія прикусу, сагітальні аномалії, дистальний прикус, мезіальний прикус.

## SUMMARY

Burlakov P.O. Development of new methods of 3D cephalometric analysis. – Qualification scientific work on the rights of manuscript. Dissertation on acquisition the scientific degree of Doctor of Philosophy (PhD) in the field of knowledge 22 "Health" in speciality 221 "Dentistry". – National Medical University named after O.O. Bogomolets, Ministry of Health of Ukraine, Kyiv, 2024.

Widespread use of lateral and direct cephalometry in orthodontic diagnosis and treatment planning to determine the features of the structure of the facial skull in patients with various dental anomalies has allowed to conduct differential diagnosis of nosological forms of dental abnormalities and choose the most effective method of orthodontic treatment, but remains unresolved the issue of 3D cephalometric reference values and the question of the relevance of the use of generally accepted 2D norms, due to their unreliability as some of them were developed without the application of the principles of evidence medicine and have many shortcomings with the design of research in their development. Also, the analysis of world diagnostic protocols did not reveal a clear recommendation for DAP in the conduct of 3D cephalometric analysis and the absence of clear protocols with the use of this method of diagnosis in the examination of orthodontic patients.

The thesis is devoted to solving an actual problem – the development of reference normative values that can be used for the diagnosis by 3D cephalometry, which will increase the effectiveness of diagnostic algorithms and change the approaches in diagnostic protocols. The meta-analysis demonstrates that with the technological development of the world, new approaches and protocols of diagnosis of patients and methods of cephalometric analysis need to be developed and elaborate, and in order to reduce the reduce the ionization effect on the patient. The aim of the dissertation is to improve the quality of diagnosis of orthodontic patients and reduce the ionization effect by developing normative values for 3D



cephalometry on the basis of retrospective selection of CBCT images of skulls that meet the generally accepted norm in orthodontistry by means of the analysis developed by us DVB+, which can be used on CBCT pictures of the medium field of vision (FOV), and on the images that are formed by the combination of 3 images in the development of which we used the ALARA principle.

In order to this objective, the study was conducted in accordance with the principles of bioethics and evidence medicine, in line with the principle of good clinical practice and in particular with the requirements of confidentiality. The design of the study was approved by the commission on bioethical expertise and ethics of scientific research at the National Medical University named O.O. Bogomolets.

Objectives of the study:

1. Develop normative reference values for 3D cephalometric analysis
2. Develop practical recommendations for the choice of mechanics of orthodontic treatment for patients 2nd and 3rd class depending on the obtained data cephalometric parameters
3. Develop a new diagnostic protocol for orthodontic patients following the principles of ALARA with DAP reduction
4. To develop an algorithm for transferring scanned models into a virtual articulator on combined CBCT images.
5. Develop a new method of analysis static occlusion.

Object of study: CBCT images of patients with normative parameters which are generally accepted in orthodontics which were selected retrospectively on the basis of clinical bases, and patients with 2-3 class and occlusion ratio of dental arch. Subject of the study: the diagnostic protocol of orthodontic patients is developed in accordance with the principles of ALARA which includes 3D cephalometry by the DVB+ method, analysis of static and dynamic occlusion in the virtual articulator. Research methods: clinical examination, oral cavity examinations, occlusion analysis with copying paper; X-rays-CBCT of the upper and lower jaw and both TMJs with subsequent combination in the Mimics Medical (Materialise) program,

3D cephalometry; obtaining cast with followed scanning and analysis of occlusion in a virtual articulator in Exocad; statistical- definition of normative parameters for cephalometric analysis with medium deviation, search for correlation dependencies.

Selection of patients was conducted in 2 stages: 1st – retrospective selection of CBCT images of patients' skulls based on the database of the clinic Dobrobyt and CLDH, out of 2305 images 48 images were selected that met the inclusion criteria: Patients aged 18-25;2. Caucasian race;3. Symmetrical and proportional face;4. Andrew's preserved occlusion key;5. Preserved anatomy of heads of TMJ;6. With a dental history (treatment of caries, pulpitis). After the cephalometric analysis, 41 images of the CBCT of the skull remained for further analysis with the development of reference values of normative parameters. 2nd phase: Selection of patients who applied for dental care at the Department of Orthodontics and Propedovetics Orthopedic Dentistry and Dental Medical Center of NMU named O.O. Bogomolets and Clinic "Expir" total 217 patients were examined, and 64 patients were selected, but because of the war 48 patients remained for further examination, which met the following inclusion criteria:1. Patients aged 18-35 years; 2.Caucasian race; 3.Distal bite (2nd class by Angel classification);4. Distal bite complicated by deep bite (dento-alveolar form);5.Mesial bite (3rd class by Angel classification);6. Mesial bite, complicated by crossbite.

From which a main group of patients was formed which was divided into 2 groups : patients with 2 class (distal bite, and distal bit complicated by deep bite dento-alveolar form) and 3 class (mesial bit, and mesial bite complicated cross) and were divided by gender. In order to establish a final diagnosis and a treatment plan, all patients were obtained prints and carried out CBCT of the right and lower jaw and left and right TMJs followed by a combination of images in the Mimics Medical program and a cephalometric analysis based on these images and an analysis of the occlusion in the virtual articulator in the Exocad program where the plastering takes place on the previously prepared CBCT images (a Frankfurt horizontal and triangle on the lateral poles of the joints is added). We modified the previously developed analysis and added to it dental parameters such as OB, OJ, Witt's, MP without Go

point, and studied more in detail and found a correlation between the spatial placement of the jaws in the sagittal plane and the size of the jaw, the ratio between the jaw for patients with 1 skeletal class irrespective of gender was within 2mm (A-TVP and B- TVP), recommendations were also offered in the choice of the treatment mechanism for the patients with 2 or 3 class depending on the relationship between A-TV P and B - TVP. Experimentally established the possibility of conducting cephalometry on combined images at the total DAP 856 mGr\*cm<sup>2</sup>.

During the course of the dissertation work in the clinical examination of patients were patients with 1 class of Angel who did not enter the main group of treatment, but they carried out a clinical analysis of occlusion with copying paper, and on the basis of the data we have proposed and developed a method of analysis of static occlusions in the sagittal plane which is based on the anatomical and morphological structure of the occlusion surface of the teeth, which helps to make it easier for clinicians to draw up a treatment plan in each particular case. We also modified the analysis of the occlusion in the transversal plane where the contact criteria were added depending on whether it is the top of the hill, the slope of a hill or a fissure. During the course of the dissertation, we proposed and theoretically described and practically tested a new diagnostic protocol which included 3D cephalometric analysis based on the developed method DVB+, analysis of static occlusion in the sagittal and transvesal plane and dynamic occlusion in the virtual articulator Exocad transferring the position of the upper jaw to which took place with the help of CBCT. The results were statistically processed using the mathematical program of medical and biological statistics Statistica 6.0. The data collected were mathematically calculated and statistically processed. We calculated average gender norms and standard deviations for each DVB+ cephalometric parameter, and found a strong correlation between jaw size and sagittal position according to the Pearson formula. Scientific novelty of the results obtained: For the first time, the reference normative values for 3D cephalometric analysis for the medium field of vision (FOV) have been developed and the relationship between the sagittal position of the jaw in space and the size of its jaw has been established.

For the first time, the method of 3D cephalometry based on the combined CBCT images of the upper and lower jaw and the right and left CNS is developed, which allows to make this method more efficient for doctors and reduces the X-ray burden on patients. The positioning of the patient using the skull phantom in the CBCT scanner was experimentally studied in order to obtain the edge of the orbit during computerized tomography of the upper and lower jaw. Based on the data obtained from the DVB+ cephalometric analysis, practical recommendations on the choice of treatment mechanics for patients with 2 and 3 classes of English were developed. The method of analysis of static occlusion contacts of teeth on the basis of the morphological structure of the occlusal surface of the teeth has been developed and proposed. For the first time, a digital diagnostic protocol for orthodontic patients is proposed which includes 3D cephalometric analysis and analysis of static and dynamic occlusion in a virtual articulator.

**Keywords:** Cone-beam computed tomography (CBCT), 3D (three-dimensional), cephalometry, computer-aided design (CAD), radiation dosage (DAP), diagnostics, virtual articulator, occlusion, temporomandibular joint (TMJ), orthodontics, malocclusion, distal bite, mesial bite.

## СПИСОК ПУБЛІКАЦІЙ ЗДОБУВАЧА ЗА ТЕМОЮ ДИСЕРТАЦІЇ

**Наукові праці, в яких опубліковані основні наукові результати дисертації:**

1. Dakhno LA, Vyshemyrska T, Burlakov P, Goncharuk-Khomyn M, Rashchenko N. New Three-Dimensional Cephalometric Analysis Based on Medium Field of View CBCT Scans: Setting of Normality Values for the 7-12 Years Old Children. J of Int Dental & Med Res. 2023;16(4):1687-1700. (Q3) *(Автором проведено обстеження пацієнтів, виконано статистичне опрацювання даних з аналізом отриманих даних, висновки сформульовано зі співавторами)*

2. Dakhno L, Vyshemyrska T, Burlakov P, Storozhenko K, Flis P. [ASSESSMENT OF THE FEASIBILITY OF USING CONE-BEAM COMPUTED TOMOGRAPHY IN CHILDREN FOR DIAGNOSTICS, 3D CEPHALOMETRY AND PLANNING ORTHODONTIC TREATMENT (REVIEW)]. Georgian Med News. 2022 Feb;(323):54-60. PMID: 35271471 *(Автором зібрано матеріал, проаналізовано літературні джерела, висновки сформульовано зі співавторами)*

3. Dakhno L, Vyshemyrska T, Flis P, Burlakov P. [COMPARATIVE TRANSVERSAL EVALUATION OF UPPER JAW FOLLOWING RAPID MAXILLARY EXPANSION IN THE MIXED DENTITION PERIOD. CBCT ANALYSIS]. Georgian Med News. 2021 Jul-Aug;(316-317):96-102. PMID: 34511453 *(Автором проведено обстеження пацієнтів, виконано статистичне опрацювання даних з аналізом отриманих даних, висновки сформульовано зі співавторами)*

4. Бурлаков ПО, Фліс ПС. Використання КПКТ черепа в ортодонтії (Оглядова стаття). Actual Dentistry. 2024;1:91-103. DOI: 10.33295/1992-576X-2024-1-91 *(Автором зібрано матеріал, проаналізовано літературні джерела, висновки сформульовано самостійно)*

5. Бурлаков ПО. Алгоритм об'єднання знімків конусно-променевої комп'ютерної томографії для трьох вимірної цефалометрії. Український

науково-медичний молодіжний журнал. 2024; 1 (*Автором зібрано матеріал, проаналізовано літературні джерела, висновки сформульовано самостійно*)

### **Наукові праці, які засвідчують апробацію матеріалів дисертації**

*Тези виступів на конференціях:*

6. Бурлаков ПО. Конусно-променева компютерна томографія чи ортопантомографія та телерентгенографія в рутинній практиці лікаря ортодонта. Збірник наукових праць за матеріалами ювілейної науково-практичної конференції з нагоди 30-ї річниці заснування КМУ «Сучасні аспекти медицини та фармації – освіта та практика» м.Київ, 30 листопада 2022 року, с. 225 (*Автором зібрано матеріал, проаналізовано літературні джерела, висновки сформульовано зі самостійно*)

7. Бурлаков ПО, Фліс ПС, Вознюк ВП. Використання КПКТ черепа для аналізу оклюзії в віртуальному артикуляторі. Науково-практична конференція з нагоди 30-ліття створення Національної академії медичних наук України, 20-ліття першого обрання членами-кореспондентами НАМН 3-х стоматологів, VII з'їзд Української асоціації черепно-щелепно-лицевих хірургів з міжнародною участю. 12.05.2023р. м.Київ. (*Автором зібрано матеріал, проаналізовано літературні джерела, висновки сформульовано зі самостійно*)

8. Бурлаков ПО, Вишемирська ТА, Ращенко НВ. Актуальність використання КПКТ у дітей 7-12 років з сагітальними аномаліями прикусу при використанні незнімного апарату для розширення верхньої щелепи. Науково-практична конференція з міжнародною участю «Сучасна ортодонтія: реалії та перспективи» 21-22 березня 2024 року, с. 50-52

9. Clinical annual scientific experience 2023 рік. Участь в якості активного доповідача з кейсом за темою «Аналіз оклюзії в клінічній практиці лікаря ортодонта».

*Патентні документи:*

10. Фліс ПС, Вишемирська ТА, Дахно ЛО, Бурлаков ПО. Авторське свідоцтво 105449 (Україна). Літературний письмовий твір науково-практичного характеру «Метод виміру трансверзальних розмірів верхньої

щелепи та верхніх дихальних шляхів в період змінного прикусу». Авторське право і суміжні права; зареєстр. 11.06.2021 ; опубл. 30.07.2021, Бюл. № 65, с. 429–430.

11. Вишемирська ТА, Дахно ЛО, Бурлаков ПО. Авторське свідоцтво 113194 (Україна). Літературний письмовий твір науково-практичного характеру «Новий 3D цефалометричний аналіз DVB, створений на основі даних КПКТ середнього поля зору (FOV) для дітей 7–12 років та його нормальні значення». Авторське право і суміжні права; зареєстр. 06.06.2022 ; опубл. 29.07.2022, Бюл. № 71, с. 165–166.

## ЗМІСТ

<b>АНОТАЦІЯ</b> .....	2
<b>ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ</b> .....	18
<b>ВСТУП</b> .....	19
<b>РОЗДІЛ 1. КПКТ, ДОЗОМЕТРІЯ. 3D ЦЕФАЛОМЕТРІЯ МОЖЛИВОСТІ ТА ПРИНЦИП РОБОТИ. ПОНЯТТЯ НОРМИ, НЕДОЛІКИ 2D ЦЕФАЛОМЕТРІЇ. ВИКОРИСТАННЯ АРТИКУЛЯТОРА В ПРАКТИЦІ ЛІКАРЯ ОРТОДОНТА (ОГЛЯД ЛІТЕРАТУРИ)</b> .....	27
<b>1.1. Радіаційна безпека діагностичної рентгенографії</b> .....	27
<i>1.1.1. Радіаційна дозиметрія</i> .....	28
<b>1.2 3D цефалометрія, історичні аспекти 2D цефалометрії, помилки та недоліки 2D, перехід до 3D та нові виклики перед дослідниками</b> .....	30
<i>1.2.1 Історія виникнення цефалометрії</i> .....	32
<i>1.2.2 Поняття норми в цефалометрії.</i> .....	34
<i>1.2.3 Перехід від 2D до 3D</i> .....	40
<b>1.3 Використання артикулятора в клінічній практиці лікаря ортодонта</b> .....	62
<b>РОЗДІЛ 2. МАТЕРІАЛИ ТА МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕННЯ</b> .....	67
<b>2.1. Загальна структура проведення дослідження</b> .....	67
<b>2.2 Методи дослідження</b> .....	72
<i>2.2.1 Клінічне обстеження</i> .....	72
<i>2.2.2 Рентгенологічні методи діагностики</i> .....	72



<b>2.3 Загальні принципи методу діагностики</b> .....	77
<b>2.3.1 Об'єднання КПКТ знімків для створення об'ємних реконструкцій (CAD computer-aided design)</b> .....	78
<b>2.4 Цефалометрія в 3D</b> .....	81
<i>2.4.1 3D цефалометричний аналіз</i> .....	83
<b>2.5 Аналіз оклюзії</b> .....	105
<i>2.5.1. Мікроанатомія оклюзійної поверхні</i> .....	106
<b>РОЗДІЛ 3. РЕЗУЛЬТАТИ ВЛАСНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ</b> .....	123
<b>3.1 Нормативні параметри цефалометричного аналізу</b> .....	123
<b>3.2 Дозування на площу (dose area product (DAP)) та діагностичний контрольний рівень (Diagnostic reference levels (DRLs)) і принцип ALARA</b> .....	152
<b>3.3 Результати клінічних досліджень</b> .....	156
<b>3.4 Цефалометричні дані для 2 та 3 класу</b> .....	162
<b>3.5 Протокол аналізу оклюзії в Eхосad у віртуальному артикуляторі по об'єднаних КПКТ (на прикладі пацієнта)</b> .....	169
<b>ВИСНОВКИ</b> .....	179
<b>ПРАКТИЧНІ РЕКОМЕНДАЦІЇ</b> .....	181
<b>СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ</b> .....	183
<b>ДОДАТКИ</b> .....	198

**ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ**

ALARA - As Low As Reasonably Achievable

DAP - Dose area product

КПКТ - конусно-променева комп'ютерна томографія

2D - Two dimensional

3D - Three dimensional

FOV - field of view

STL- STereoLithography

OB- overbite

OJ- overjet

СНЩС - скронево-нижньощелепний суглоб.

CAD - computer-aided design

DRL - Diagnostic Reference Level

## ВСТУП

Цефалометрія на рентгенографічних зображеннях чутлива до помилок у проєкції, ідентифікації орієнтирів і вимірюваннях. Цефалометричний аналіз - різновид діагностичної візуалізації, який є двовимірним (2D), і це рендеринг є похідним від тривимірної структури (3D) [11, 83]. Крім того, збільшення, спотворення та накладання сусідніх структур є побічними ефектами 2D рентгенографії.

З появою конусно-променевої комп'ютерної томографії (КПКТ) в стоматології стало доступним рішення для візуалізації, що не включає прогнозовану помилку проєкції, пов'язану зі збільшенням, уникає проблем накладання кісткових структур у порівнянні зі звичайним 2D цефалометричним зображенням та аналізом [126].

Незважаючи на те, що було розроблено кілька комп'ютерних 3D-методів для допомоги в ортодонтичній діагностиці [17, 84] та інші способи для прогнозування результатів лікування [15, 90, 91, 94], отримані дані становлять потенційні проблеми при їх аналізі. Це пов'язано з тим, що існує небагато прийнятих стандартів для інтерпретації цих матричних та ангуляційних даних, отриманих з КПКТ щелепно-лицевої ділянки, через брак яких можливе виникнення негативних наслідків [53].

Для того, щоб ухвалити КПКТ як стандартний ортодонтичний діагностичний метод необхідно оцінити надійність орієнтирів для подальшої діагностики. У випадку стандартних бічних цефалограм це було зроблено значною мірою в історичному аспекті, як результат, на сьогоднішній день маємо більше 160 методів розшифровок 2D. Однак, оцінка надійності орієнтирів для КПКТ є досить обмеженою та існує потреба в подальших дослідженнях у цій галузі [66, 76].

Під час переходу від 2D до 3D цефалометрії одним із найскладніших викликів, які виникають, є перевизначення історичних 2D орієнтирів у 3D простір. З іншого боку, у моделі тривимірної твердої тканини ці точки

насправді є двома поверхнями, а не однією тривимірною точкою, яку можна описати відносно легко. Точність і надійність 3D-орієнтирів скелета та зубів досліджувалась лише в обмеженій кількості досліджень [71, 95].

Дані довготривалих та перехресних досліджень були отримані з бічних і, іноді, фронтальних цефалограм, які проводилися на людях молодого віку раз на рік або двічі на рік протягом тривалого періоду часу. В іншій публікації довготривалих досліджень дітей були доповнені даними, отриманими після їх повноліття [18, 19, 20]. У той момент в історії найточніші знання про ріст і розвиток обличчя живої людини можна було отримати за допомогою використання 2D бічних і фронтальних цефалометричних параметрів у вигляді кутів і лінійних вимірювань. Більшість цих перехресних досліджень проведені та опубліковані багато десятиліть тому і не дивно, що їх дизайн має чимало недоліків. Насправді, велика кількість робіт, які надають дані різноманітних цефалометричних оцінок для дорослих, мають подібні проблеми та потребують аналізу. Натепер використання застарілої інформації, що була опублікована багато десятиліть тому, може ставитись під сумнів з різних причин. Основні з них ґрунтуються на:

- **Проблеми з дизайном** (незначна вибірка обстежуваних; критерії включення та виключення недостатньо визначені, поверхнево описані і суб'єктивні та не точно відображали популяцію, з якої вони взяті; нелогічно широкий віковий діапазон) [34].

- **Відмінності у збільшенні** (ранні цефалометри мали труднощі зі збільшенням, що не узгоджувалось з приладом).

- **Зміни в етнічному складі населення** (міграції людей різного расового та етнічного походження відбувалися по всій території планети. Хоча величезні популяції людей, що належали до однієї етнічної групи, мали тенденцію збиратися в певних регіонах; населення цих регіонів змінювалося з часом, коли нові етнічні групи мігрували, а старші групи або розсіювалися, або ставали меншою частиною загальної кількості населення) [13].

- **Вплив старіння** (є критерії, які змінюються, коли людина стає

старшою. Таким чином, недоцільно порівнювати характеристики, виміряні у дитини в 10 років, з характеристиками молодого дорослого, а тим паче старшого) [18, 43, 100, 102].

- **Відмінності за статтю** (між статями існують відмінності за різними параметрами, навіть якщо деякі з цих відмінностей не стають помітними до настання статевого дозрівання) [18, 21, 26, 50, 102, 110].

- **Варіації в досвіді краси та форми** (ідею про те, що естетичні ідеали та біологічні норми є відмінними, слід застосувати до розбіжностей, які існують між різними етнічними та культурними групами, оскільки вона може впливати на лікування та має розглядатися в цьому контексті).

- **Варіанти визначення цефалометричних параметрів** (на інтерпретацію расових відмінностей також може вплинути конкретна цефалометрична міра, яка надається. Наприклад, порівняно з представниками європеоїдної раси, китайці як чоловічої, так і жіночої статі мають значно більші виступаючі різці нижньої щелепи, коли береться вимірювання A-Pg нижнього різця, але не під час вимірювання IMPA [50].

**Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами.** Дисертаційна робота є фрагментом науково-дослідної роботи, що виконується згідно плану наукових досліджень кафедри ортодонції та пропедевтики ортопедичної стоматології Національного медичного університету імені О.О. Богомольця за комплексною темою: «Удосконалення цифрових та аналогових протоколів діагностики, лікування та профілактики пацієнтів різних вікових груп з зубощелепними аномаліями та деформаціями» УДК: 616.31; 617.52-089, 616.314+616.716.8]-007-007.24-07-08-084 (№ державної реєстрації 0124U000780). В комплексній темі було виконано окремий фрагмент досліджень, термін виконання – 2024-2026 роки. Дисертант є безпосереднім виконавцем окремого фрагмента НДР.

Метою дисертаційної роботи є підвищення якості та ефективності діагностики ортодонтичних пацієнтів шляхом розробки нового 3D цефалометричного аналізу та нормативних значень до нього. Запропонований

нами аналіз можна використовувати на КПКТ зображеннях середнього поля зору (FOV), та на знімках, які утворені за рахунок об'єднання 3 КПКТ (верхньої та нижньої щелепи і СНЩС).

**Завдання дослідження:**

1. Розробити референтні нормативні значення для 3D цефалометричного аналізу КПКТ середнього FOV.
2. Розробити новий протокол діагностики ортодонтичних пацієнтів з дотриманням принципів ALARA зі зменшенням DAP.
3. Розробити алгоритм переносу сканованих моделей в віртуальний артикулятор по об'єднаних КПКТ знімках, та аналізу оклюзії в сагітальній та трансверзальній площині за запропонованим нами методом.
4. Розробити новий метод аналізу статичної оклюзії.
5. Розробити практичні рекомендації для вибору механіки ортодонтичного лікування для пацієнтів 2 та 3 класу в залежності від отриманих даних цефалометричних параметрів.

**Об'єкт дослідження:** ретроспективно відібрані КПКТ зображення пацієнтів за нормативними параметрами (зі збереженими ключами оклюзії за Ендрюсом), пацієнти 18-25 років; та клінічно відібрані пацієнти з 2 і 3 скелетним класом за Енглеєм та оклюзійними співвідношення зубних рядів.

**Предмет дослідження:** протокол діагностики ортодонтичних пацієнтів, розроблений з дотриманням принципів ALARA, який включає в себе 3D цефалометрію, аналіз статичної та динамічної оклюзії в віртуальному артикуляторі.

**Методи дослідження:**

- клінічні - огляд, обстеження порожнини рота, аналіз оклюзії копірувальним папером;
- рентгенологічні - КПКТ верхньої та нижньої щелепи та обох СНЩС з послідуочим об'єднанням в програмі Mimics Medical (Materialise), 3D цефалометрія;
- цифрові - цифрові моделі щелеп, аналіз оклюзії у віртуальному

артикуляторі в Exocad; та CAD рендеринг STL файлів з Dicom.

- статистичні - визначення нормативних параметрів для цефалометричного аналізу з середнім відхиленням, пошук кореляційних залежностей.

### **Наукова новизна отриманих результатів:**

Вперше розроблено референтні нормативні значення 3D цефалометричного аналізу для КПКТ середнього поля зору (FOV); вперше встановлено взаємозв'язок між сагітальним положенням щелеп у просторі та їх розміром.

Вперше розроблено метод 3D цефалометрії на основі об'єднаних КПКТ зображень верхньої та нижньої щелеп і СНЩС, що дозволяє зробити цей метод більш доступним для лікарів і зменшує рентгенологічне навантаження на пацієнтів.

Експериментально вивчено позиціонування пацієнта з використанням фантому черепа в КПКТ сканері з метою отримання краю орбіти при проведенні комп'ютерної томографії верхньої та нижньої щелеп.

На основі отриманих даних цефалометричного аналізу DVB+ розроблено практичні рекомендації по вибору механіки лікування пацієнтів 2 та 3 класу за Енглем.

Розроблено та запропоновано метод аналізу статичних оклюзійних контактів на основі їх морфологічної будови оклюзійної поверхні зубів.

Вперше запропоновано цифровий протокол діагностики ортодонтичного пацієнта, який включає в себе 3D цефалометричний аналіз та аналіз статичної і динамічної оклюзії у віртуальному артикуляторі.

### **Практичне значення одержаних результатів.**

Модифікований нами метод DVB+, розроблений для середнього поля зору (FOV), дає можливість провести повноцінну 3D цефалометрію з отриманням всіх лінійних і кутових параметрів, що дозволяють проаналізувати наявність/відсутність патології в 3-ох взаємоперпендикулярних площинах та підвищити ефективність діагностики і

планування лікування, знизити рентгенологічне навантаження на пацієнта за рахунок об'єднання знімків КПКТ верхньої і нижньої щелепи та СНЩС.

Розроблений нами цифровий протокол діагностики з аналізом оклюзії у віртуальному артикуляторі дозволяє практикуючим лікарям більш детально діагностувати наявні в пацієнтів аксіопатичні трасування, з метою їх корекції, для попередження розвитку рецидивів лікування та профілактики дисфункціональних розладів СНЩС і обрати раціональний метод лікування у кожному конкретному клінічному випадку.

Розроблені практичні рекомендації для вибору механіки лікування сагітальних аномалій прикусу залежно від співвідношення щелеп – різниця між параметрами А-TVP та В-TVP.

#### **Особистий внесок здобувача.**

Дисертаційна робота є самостійним завершеним дослідженням автора, що виконувалась на базі кафедри ортодонції та пропедевтики ортопедичної стоматології НМУ ім. О. О. Богомольця та клініки «Експір» під керівництвом доктора медичних наук, професора П. С. Фліса. Дисертант самостійно виконав патентно-інформативний та літературний пошук, проаналізував та систематизував вітчизняну та зарубіжну літературу з обраної проблеми. Спільно з науковим керівником визначили мету, завдання та методи дослідження. Усі клінічні, рентгенологічні, цифрові та статистичні дослідження виконані особисто автором. Разом з науковим керівником проведено аналіз та узагальнення отриманих результатів. На підставі проведених досліджень написані наукові публікації. Текст дисертації, висновки із отриманих результатів, статистичний аналіз результатів для бази референтних нормативних параметрів для 3D цефалометричного аналізу DVB+ та практичні рекомендації були описані особисто автором.

#### **Апробація матеріалів дисертації.**

Основні положення та результати дисертаційної роботи були висвітлені та обговорені на 3 науково-практичних конференціях:

1.«Сучасні аспекти медицини та фармації – освіта та практика» м.Київ,



30.11.2022 року.

2. Науково-практична конференція з нагоди 30-ліття створення Національної академії медичних наук України, 20-ліття першого обрання членами-кореспондентами НАМН 3-х стоматологів, VII з'їзд Української асоціації черепно-щелепно-лицевих хірургів з міжнародною участю. 12.05.2023р. м.Київ

3. «Clinical annual scientific experience» 28.02.2023р. м. Київ Участь в якості доповідача з кейсом за темою «Аналіз оклюзії в клінічній практиці лікаря ортодонта».

4.Науково практична конференція з міжнародною участю «Сучасна ортодонція: реалії та перспективи» 21-22 березня 2024 року, тези «Актуальність використання КПКТ у дітей 7-12 років з сагітальними аномаліями прикусу при використанні незнімного апарату для розширення верхньої щелепи», с. 50-52.

### **Публікації.**

Матеріали дисертаційної роботи опубліковані у 5 наукових працях, з яких 2 статті у фахових виданнях рекомендованих МОН України, 3 статті у зарубіжному виданні, дві з яких виданні в журналі, що входить до наукометричних баз даних Medline, PubMed, Scopus, VINITI, доступ до повного тексту можливий через науково-дослідницькі бази даних EBSCO; та 1 в журналі бази Scopus Q3. 3 тези у матеріалах науково-практичних конференцій. Також отримано авторські свідоцтва на 2 літературні письмові твори науково-практичного характеру.

### **Основні публікації за темою дисертаційної роботи:**

1. Dakhno LA, Vyshemyrska T, Burlakov P, Goncharuk-Khomyn M, Rashchenko N. New Three-Dimensional Cephalometric Analysis Based on Medium Field of View CBCT Scans: Setting of Normality Values for the 7-12 Years Old Children. J of Int Dental & Med Res. 2023;16(4):1687-1700. (Q3) *(Автором проведено обстеження пацієнтів, виконано статистичне опрацювання даних з аналізом отриманих даних, висновки сформульовано зі співавторами)*

2. Dakhno L, Vyshemyrska T, Burlakov P, Storozhenko K, Flis P. [ASSESSMENT OF THE FEASIBILITY OF USING CONE-BEAM COMPUTED TOMOGRAPHY IN CHILDREN FOR DIAGNOSTICS, 3D CEPHALOMETRY AND PLANNING ORTHODONTIC TREATMENT (REVIEW)]. Georgian Med News. 2022 Feb;(323):54-60. PMID: 35271471 *(Автором зібрано матеріал, проаналізовано літературні джерела, висновки сформульовано зі співавторами)*

3. Dakhno L, Vyshemyrska T, Flis P, Burlakov P. [COMPARATIVE TRANSVERSAL EVALUATION OF UPPER JAW FOLLOWING RAPID MAXILLARY EXPANSION IN THE MIXED DENTITION PERIOD. CBCT ANALYSIS]. Georgian Med News. 2021 Jul-Aug;(316-317):96-102. PMID: 34511453 *(Автором проведено обстеження пацієнтів, виконано статистичне опрацювання даних з аналізом отриманих даних, висновки сформульовано зі співавторами)*

4. Бурлаков ПО, Фліс ПС. Використання КПКТ черепа в ортодонтії (Оглядова стаття). Actual Dentistry. 2024;1:91-103. DOI: 10.33295/1992-576X-2024-1-91 *(Автором зібрано матеріал, проаналізовано літературні джерела, висновки сформульовано самостійно)*

5. Бурлаков ПО. Алгоритм об'єднання знімків конусно-променевої комп'ютерної томографії для трьох вимірної цефалометрії. Український науково-медичний молодіжний журнал. 2024;1 *(Автором зібрано матеріал, проаналізовано літературні джерела, висновки сформульовано самостійно)*

### **Структура та обсяг дисертації.**

Дисертаційна робота написана українською мовою на 166 сторінках основного тексту, загальна кількість – 183 сторінки. Складається з анотації, змісту, вступу, 3 розділів, висновків, практичних рекомендацій та додатків. Робота ілюстрована 48 рисунками та 44 таблицями. Список використаних джерел містить 130 бібліографічних описів, з них: кирилицею - 3, латиницею - 127.

## **РОЗДІЛ 1. КПКТ, ДОЗОМЕТРІЯ. 3D ЦЕФАЛОМЕТРІЯ МОЖЛИВОСТІ ТА ПРИНЦИП РОБОТИ. ПОНЯТТЯ НОРМИ, НЕДОЛІКИ 2D ЦЕФАЛОМЕТРІЇ. ВИКОРИСТАННЯ АРТИКУЛЯТОРА В ПРАКТИЦІ ЛІКАРЯ ОРТОДОНТА (ОГЛЯД ЛІТЕРАТУРИ)**

### **1.1. Радіаційна безпека діагностичної рентгенографії**

Під час проведення клінічного обстеження пацієнтів та формування діагностичних питань, лікар повинен усвідомлювати які методи діагностики потрібно провести для встановлення остаточного діагнозу і вибору методу лікування.

У стоматологічній практиці лікарі-стоматологи зобов'язані використовувати прийняті в медицині методи радіаційної безпеки, які зберігають низькі дози радіації та не спричиняють надмірного навантаження на оператора чи клініциста. Існує принцип радіаційної безпеки ALARA (As Low As Reasonably Achievable), який дослівно перекладається як «настільки низько, наскільки це розумно досяжно», що являється основним принципом радіаційної безпеки.

У пошуках відповіді на діагностичні питання за допомогою рентгенографічних методів, співставлення «аналізу ризику та користі» завжди буде на боці цифрових рентгенограм, тому що при виконанні цих знімків дози радіації дуже низькі. Доцільність у проведенні дослідження визначається ступенем впливу на план лікування та покращення його результатів- так званий DRL (Diagnostic Reference Level).

Принцип ALARA включає в себе зменшення кількості радіографічних опромінь і обмеження кількості радіації, яка використовується для опромінення.

Уникнення кількості впливів досягається шляхом дотримання вказівок щодо критеріїв вибору, опублікованих в 2012 році Американською стоматологічною асоціацією (ADA) і FDA. Ця публікація містить вказівки для практикуючих лікарів і найкраще обґрунтовується у її висновку:

«Рентгенограми слід робити лише тоді, коли є очікування, що результати діагностики вплинуть на лікування пацієнтів» (ADA та FDA 2019) [9].

### *1.1.1. Радіаційна дозиметрія*

На сьогоднішній день стоматологи мають можливість назначати пацієнтам велику кількість рентгенограм, від прицільних знімків до КПКТ черепа, через різноманіття рентгенівських апаратів у даній області медицини. Спеціалісти повинні знати і розуміти принципи роботи апаратів, вміти доцільно назначати те чи інше дослідження залежно від клінічної ситуації та використовувати отриману інформацію в плануванні лікування.

Для опису кількості дози радіації, яка поглинається шкірою пацієнта (вхідна доза в шкіру) або його внутрішніми органами Міжнародна система використовує Грей (Гр), або міліГрей (мГр) і мікроГрей (μГр). Ця доза вимірюється такими пристроями, як іонізаційні камери або дозиметри з оптичною стимуляцією (OSL). Різні типи тканин організму людини, які мають специфічну реакцію та чутливість до радіації [52].

Стоматологи мають справу лише з діагностичним випромінюванням, але існують і інші види випромінювання, такі як гамма-промені, альфа-частинки та бета-частинки. Еквівалентна доза – це термін, який використовується, щоб забезпечити спосіб вимірювання впливу на різні тканини організму під час опромінення від різних джерел. Цей термін визначається в Зівертах (Зв), мілізівертах (мЗв) і мікросіввертах (μЗв). Інший термін, відомий як ефективна доза, використовується для порівняння ризику рентгенографічних досліджень. Він є найважливішим для стоматологів, оскільки пояснює тип використовуваного випромінювання, тип і об'єм тканин, які опромінюються рентгенівським променем під час обстеження (панорамна, КПКТ, і т.д.), а також радіаційна чутливість тканин які досліджуються. Всі ризики цих рентгенографічних досліджень можна виміряти за допомогою ефективної дози, яку оцінюють медичні фізики, шляхом вимірювання в зівертах і мікросіввертах, маючи на увазі вірогідність розвитку онкологічних

захворювань. Ризик зазвичай подається як рівень надлишку випадків раку на мільйон.

За даними Американського онкологічного товариства, середня людина, яка живе в Сполучених Штатах, має приблизно 40% шансів захворіти на рак протягом свого життя. Крім того, летальність цієї ураженої групи становить 50%; отже, загальний рівень летальних випадків раку в Сполучених Штатах становить 20%, або 200 000 на мільйон людей, і відповідно до даних які зазначені в середньому яку дозу отримує пацієнт при проведенні ОПТГ, то з цього виходить що якби мільйон людей мали панорамне опромінення і надлишковий рівень раку в цих мільйонах людей становив 0,9 на мільйон, ви б знали, що загальний рівень раку змінився з 200 000 до 200 000,9 на мільйон. У відсотковому співвідношенні це справді дуже малий відсоток – 0,00045% ризик розвитку раку. Звичайно, це цифри, що базуються на популяції, і це найкращі оцінки, які можуть отримати такі групи, як NCRP [117].

На сьогоднішній день, незважаючи на зусилля багатьох дослідників у галузі радіаційної біології, немає впевненості у клітинній реакції тканин людини при взаємодії з низькими дозами іонізуючого випромінювання, особливо при дуже низьких дозах, що використовуються під час більшості стоматологічних рентгенографічних досліджень. Деякі клітинні та деякі генетичні пошкодження можливі відповідно до моделі доза-реакція, відомої як лінійна безпорогова модель радіаційної взаємодії, яке базується на припущенні, що в діапазоні радіаційного опромінення з низькими дозами будь-яка доза опромінення збільшить ризик надлишкового раку та/або спадкових захворювань просто пропорційно [52, 79].

Існує параметр дозиметрії, який потребує пояснення – фонові еквівалентність. У Сполучених Штатах середня людина отримує ~8 мкЗв ефективної дози іонізуючого випромінювання на день (NCRP 2009). Якщо порівнювати – панорамне опромінення: воно має ефективну дозу ~16 мкЗв; якщо розділити 16 на 8 мкЗв на добу, то вийде дводенний фоновий еквівалент,

то для КПКТ різних апаратів в середньому від 70-120 мкЗв становить 8-13 днів відповідно [78].

Індекс дози КТ ( $CTDI_{vol}$ ) і добуток довжини дози (DLP) вимірюються в греях (Гр), а ефективні дози вимірюються в зівертах (Зв). Ці методи не адаптовані для вимірювання дози КПКТ, оскільки геометрія променя та профіль розсіяного випромінювання значно відрізняються. Комерційні КПКТ-сканери розроблені та виготовлені з індивідуальними запатентованими варіаціями в їх обладнанні, і оператори можуть змінювати дозу для пацієнта, регулюючи колімацію променя (FOV), якість зображення (кількість базових зображень, роздільну здатність і дугу траєкторії) та параметри експозиції (міліампер і кіловольт); отже, будуть значні варіації дози між різними сканерами для подібних FOV. Наприклад, КПКТ розміром  $15 \times 15$  см може передати дозу від 52 мкЗв [77] до 680 мкЗв, коли використовується інший апарат [98]. Подібним чином, при КПКТ малого об'єму ( $4 \times 4$  см), пацієнти можуть отримати від 31 мкЗв [55] до 166 мкЗв [65]. Незважаючи на те, що внутрішня варіація доз в рамках КПКТ здається досить високою, у порівнянні з дозами МСКТ в діапазоні 430–1410 мкЗв [92], дози набагато нижчі.

Індекс дози КТ використовується в формулі для розрахунку DAP (Dose area product) – це величина яка показує скільки Гр утворюється сканером який обертається навколо пацієнта, та визначається в греях (Гр) на сантиметр квадратний ( $cm^2$ ). Формула виглядає наступним чином:

$$DAP = CTDI_{vol} * FOV.$$

## **1.2 3D цефалометрія, історичні аспекти 2D цефалометрії, помилки та недоліки 2D, перехід до 3D та нові виклики перед дослідниками**

Цефалометрія- це метод вимірювання твердих і м'яких тканин на краніофасціальних рентгенограмах, яке є кількісним дослідженням. Цефалограми є важливим компонентом діагностики, що призначаються багатьом ортодонтичним пацієнтам. Клінічний діагноз пацієнта підтверджується або уточнюється цефалометричним аналізом, і також дає

додаткові дані для допомоги у виборі методів лікування. Поточні клінічні практичні рекомендації з ортодонтії, які були створені Американською асоціацією ортодонтів (ААО) [7] (і разом із іншими асоціаціями, в тому числі АООУ) рекомендують, щоб первинний протокол обстеження включав медичну карту пацієнта з інтра- та екстраоральними фотографіями, діагностичними моделями (гіпсові або цифрові) та рентгенографічними знімками (внутрішньоротові, панормані, цефалограми). Цефалометричні рентгенограми можна замінити 3D конусно-променевим комп'ютерним томографією (3D КПКТ), хоча регулярне використання КПКТ не часто є обов'язковим в ортодонтії, тому цефалометричні рентгенограми залишаються золотим стандартом. Для аналізу результатів лікування пацієнта та оцінки його ефективності рекомендують порівнювати записи до та після лікування. Крім того, цефалограми та розуміння цефалометрії необхідні для того щоб аргументувати додаткові методи діагностики та вибір методу лікування.

### **Основи цефалометрії.**

За допомогою цефалометричного аналізу можемо: (1) класифікувати патологічний прикус (скелетну та/або зубо-альвеолярну форму); (2) визначити ступінь тяжкості патології (3) оцінити черепно-щелепно-лицьові структури для потенційного та фактичного ортодонтичного лікування, для використання міні-імплантатів та/або ортогнатичної хірургії; та (4) провести аналіз лікування пацієнтів.

У більшості випадків латеральна цефалограма забезпечує двовимірне (2D) зображення передньо-заднього розташування зубів, нахилу різців, положення та розміру кісткових структур, а також основи черепа та верхніх дихальних шляхів, у деяких випадках можна оцінити стан СНЩС.

Проте цефалограми не допомагають у виявленні та діагностуванні різних проблеми, пов'язаних з патологічним прикусом, таких як: адентію, надкомплектні, ретиновані та анкілозовані зуби, аномалії їх форми, кольору, зміни у виростках нижньої щелепи та наявність незрощення піднебіння і т.д. Для оцінки асиметрії обличчя необхідно додатково фронтальна цефалограма.

3D КПКТ може виконувати роль численних 2D рентгенограм і давати можливість оцінити черепно-щелепно-лицьові структури у трьох взаємоперпендикулярних площинах лише за допомогою однієї рентгенограми.

### *1.2.1 Історія виникнення цефалометрії*

Після відкриття Вільгельмом Конрадом Рентгеном у 1895 році рентгенівських променів про використання першої рентгенографії обличчя та черепа було повідомлено вже в 1896 році Роулендом [112], а згодом Кетчамом і Еллісом [21]. У 1921 році Б. Х. Бродбент [21] почав застосовувати бічні цефалограми у своїй приватній практиці. Спенсер Аткінсон у 1922 році застосував бічні цефалограми обличчя для визначення розташування першого моляра верхньої щелепи під скуло-альвеолярним гребнем. Він стверджував, що за допомогою цих знімків можна вивчити положення верхньої та нижньої щелепи і виявити взаємозв'язок профіля обличчя з основою черепа, оскільки на рентгенограмі візуалізувались м'які тканини [21].

В цей період, проілюструвати вплив ортодонтичного лікування шляхом порівняння цефалометричних рентгенограм було неможливо, оскільки положення голови та відстань до цефалометричної плівки не були стандартизовані.

У 1921 році Персі Браун створив тримач голови (краніостат) для отримання рентгенограм обличчя. Це було зроблено з метою стандартизації положення голови [21]. А. Дж. Пачіні опублікував свій метод стандартизації положення голови для бічних рентгенограм у 1922 році. Його метод передбачав використання марлевої пов'язки для закріплення плівки на голові [96]. Ральф Волдрон створив цефалометр у 1927 році, для вимірювання гоніального кута на рентгенограмі, зробленій під кутом дев'яносто градусів від профілю [14]. Мартін Дьюї та Сідні Ріснер зробили знімок пацієнта в профіль, тримаючи голову пацієнта в затискачі та натискаючи на голову касетою з плівкою під час зйомки [39].

Однак у всьому світі не було стандартизованого цефалометричного



методу протягом багатьох десятиліть, що означало, що ідентичні рентгенограми того самого пацієнта не можна було відтворити. Це обмежило корисність підходу.

Для того, щоб дослідити вплив ортодонтичного лікування на ріст і розвиток зубів і щелеп, Бродбент [22] зрозумів, що важливо провести точні та надійні поздовжні вимірювання голови та обличчя в трьох вимірах. Це була очевидна потреба. Бродбент розробив краніостат, який складався з пристрою для утримування голови, двох вушних стрижнів і опори для стабілізації голови людини відносно рентгенографічної плівки та джерела рентгенівського випромінювання. Він зробив це, спираючись на свій попередній досвід модифікації краніостата Годда в краніометр для стандартизації положення черепа та вимірювання. Поки пацієнт у краніостаті, Бродбент робив відбитки зубів, потім з'єднував ці відбитки з верхньою та нижньою щелепами пацієнта. У 1930 році він оголосив, що використовував радіографічний краніостат для довготривалих досліджень росту та розвитку обличчя [24], а в 1931 році опублікував опис технології, яку розробив [22]. Подальша модифікація цефалостата Бродбента включала стандартизацію положення голови для рентгенограми, зробленої з фронтальної перспективи. У тому ж році німецький ортодонт на ім'я Х. Хофрат оголосив про створення краніостата, який був призначений для стандартизації положення голови пацієнта під час бічних рентгенограм [56]. Стандартизація цефалограм дозволила порівняти ту саму голову в різні моменти часу. Можна також провести дослідження наслідків лікування та порівняння з іншими людьми. Член Конгресу Френсіс Болтон була настільки вражена цим, що вирішила розпочати всебічний дослідницький проект в Університеті Кейс Вестерн Резерв, щоб дослідити ріст і розвиток зубів і щелеп у молодих людей, які були здорові.

У ранніх дослідженнях розвитку черепа та обличчя, проведених Бродбентом [23] та іншими дослідниками, наголос робився на необхідності визначення стабільних орієнтирів для успішного накладання рентгенограм. Бродбент вважав, що деякі ділянки черепа були більш стабільними, ніж ті які

швидко розвиваються, принаймні в перші роки життя. Через це в результаті були розроблені площина орієнтації Болтона та точка реєстрації (R) у клиноподібній області як найбільш фіксована точка на голові чи обличчі [23] Площина Болтона- лінія яка проведена від назального шва, що є найбільш переднім розташуванням лобно-носового шва, по середній лінії до найвищої точки (точка Болтона) на профілі правого та лівого виростків потиличної кістки. що знаходиться спереду великого отвору. Оскільки вушні стрижні на цефалостаті охоплювали слухові проходи, було вирішено, що точка Болтона буде кращим вибором, ніж верхня точка зовнішнього слухового проходу. Оскільки двосторонні потиличні виростки були в основному достатньо близькі один до одного, щоб знаходитися на середній площині черепа, вважалося, що вони створюють єдине зображення. Було висунуто гіпотезу, що тінь підсилення, створювана центральним променем радіографічної машини, буде мінімальною. Точкою реєстрації (R) було місце, яке було знайдено на півдорозі вниз по лінії, проведеної від центру турецького сідла в напрямку, перпендикулярному до площини Болтона. Ця точка використовувалася для реєстрації накладень однієї особи або різних людей. Горизонтальна площина Франкфурта була додана до початкового запису кожної дитини, щоб можна було виміряти зміни обличчя після того, як площину Болтона було зареєстровано на R. Це було зроблено для того, щоб можна було виміряти зміни обличчя. Ці дві площини, а не сама площина Болтона, використовувалися для виконання вимірювань, необхідних для визначення модифікацій в рості та розвитку людини.

### *1.2.2 Поняття норми в цефалометрії.*

Протягом кількох наступних десятиліть були створені додаткові засоби, які оцінювали ріст і розвиток за допомогою цефалограм, і велика кількість ортодонтів надавали свої дані в різноманітних формах, щоб краще передати свої дослідження черепно-лицьового комплексу. Незважаючи на те, що більшість факторів використовувалися спочатку розвитку цефалометрії в

більшій мірі для досліджень, деякі почали використовуватись для клінічної оцінки ефективності лікування. Однак багато з цих аналізів і груп параметрів включають вимірювання, які раніше використовувалися в краніометрії. Назви багатьох із цих аналізів і груп параметрів були взяті від ортодонта, який був найвідомішим за їх просування. У деяких випадках (таких як визначення площини нижньої щелепи, довжини нижньої щелепи та основи черепа), різні ортоданти опублікували відносно різноманітні підходи до характеристики структур.

У 1957 році Вілтон Крогман і Вікен Сассуні доклали зусиль, щоб підтвердити терапевтичну ефективність близько сімдесяти різних цефалометричних досліджень, які вже були доступні [67]. Ці розбіжності зберігаються досі в деяких випадках як наслідок палкого переконання, яке підтримується різними ортодонтичними школами. На жаль, це також призвело до плутанини для новачків у цій галузі, а також до значної суперечки щодо того, чи цефалометричні дані використовуються для постановки діагнозу чи для аналізу проведеного лікування. Крім того, коли в експериментах використовуються різні орієнтири та площини, це ускладнює порівняння результатів досліджень. Велика кількість цефалометричних даних була представлена у формі простої описової статистики. Міри центральної тенденції, часто відомі як середні значення та медіани, є описовою статистикою, яка використовується для представлення центрального або найбільш типового значення отриманих даних. Міри центральної тенденції включають середні значення та медіани. Середнє — це середнє значення всіх чисел, які включено до цієї бази даних, тоді як медіана — це значення даних, розташованих у центрі всіх даних, відсортованих у порядку зростання або спадання. При порівнянні цефалометричних значень груп даних більш типово пропонувати середні або середні значення, ніж медіани. Дослідження можуть повідомляти про одне з цих чисел; однак це залежатиме від мети дослідження, а також від зразка, який досліджується. Однак навіть набори даних з однаковим середнім значенням можуть мати значну різноманітність у

значеннях, які вони охоплюють. Методи дисперсії (що стосуються ступеня, до якого значення можуть відрізнятися одне від одного) є описовою статистикою, яка використовується для кількісного визначення цих відмінностей. Діапазон і стандартне відхилення є двома вимірюваннями дисперсії, які часто використовуються в області цефалометрії. Різниця між найвищим значенням у наборі даних і найнижчим значенням у цьому наборі даних називається діапазоном цього набору даних. Коли між двома значеннями є більший розрив, розкид даних також збільшується. Стандартне відхилення – це статистичний показник, який вказує на величину дисперсії від середнього значення. Розбіжність даних пропорційна квадратному кореню зі значення стандартного відхилення. У більшості випадків усі дані, включені до отриманих даних, можна знайти в межах трьох стандартних відхилень (SD) від середнього значення набору.

У клінічній практиці деякі ортоданти вказують на те, що важче лікувати осіб, у яких цефалометричні значення більше одного стандартного відхилення за межами середнього. Однак це те, що також залежить від конкретного цефалометричного значення, яке вимірюється.

Загальноприйнято, що цефалометричні характеристики скелета та зубів мають значення, які, якщо їх нанести, потраплятимуть у дзвоноподібну криву, також відому як нормальна крива. Це припущення справедливе для більшості випадків. Тобто, якщо середнє значення було розраховано та встановлено рівним нулю, тоді, коли стандартні відхилення були розраховані та вказані по кожній стороні від середнього, нормальна крива була б симетричною, і більшість даних лежала б у межах трьох стандартних відхилень на кожному сторона середнього. Іншими словами, якби середнє було обчислено та встановлено рівним нулю, тоді нормальна крива була б симетричною. Форма кривої може бути вищою, ніж широка, залежно від діапазону та ширини стандартних відхилень, або може бути навпаки. Однак нормальність слід постійно підтверджувати, оскільки не всі набори даних відповідають дзвоноподібній кривій. Кілька класичних цефалометричних досліджень,

однак, не містили достатньої статистичної інформації. Тому, щоб інформовано використовувати цефалометрію, необхідно з особливою увагою вивчити відповідну літературу. Було опубліковано низку цефалометричних досліджень, які створили описову статистику для кількісної оцінки результатів цефалометричних параметрів для досліджуваних зразків населення. У порівнянні із загальною популяцією дослідження складалося лише з розміру вибірки з дуже невеликої кількості випадків у більшості випадків. Довелося покладатися на зразки, оскільки дослідження на всій популяції було або неможливим, або занадто дорогим. Схоже, що вибірка з сукупності буде більш репрезентативною для цієї групи, якщо люди, що утворюють сукупність, більш схожі один на одного. Однак критерії для зразків, які використовувалися в деяких ранніх цефалометричних дослідженнях, були досить обмеженими, і цілком ймовірно, що зразки не точно відображали популяцію. У кількох випадках зразки були настільки обмеженими за розміром і різноманітними за складом, що опубліковані результати здавалися незначними. Одним із критеріїв, який використовувався для відбору учасників, було те, що вони повинні мати обличчя, які вважалися прийнятно красивими [27, 97].

Одне дослідження виявило, що цефалометричні вимірювання 79 людей з правильним прикусом показали широкий діапазон значень. Ці значення варіювалися від співвідношення нижньої щелепи від класу II до класу III, кута нижньої щелепи від високого до низького, та від ретрузії різців до протрузії. Незважаючи на те, що середні значення, визначені дослідженням, можна порівняти з тими, які були описані в інших опублікованих дослідженнях, діапазони були набагато більшими [27, 97].

На цефалометричні показники впливають різні змінні. Наприклад, помилка збільшення, яка є результатом впливу розбіжних променів цефалографа на багатовимірний об'єкт, який знаходиться на відстані від записуючої плівки, що може вплинути на вимірювання двовимірних цефалометричних параметрів. До стандартизації відстані предмета та плівки від джерела рентгенівського випромінювання різниця була невідома, якщо

стандартний об'єкт не був включений у плівку. Це залишилося навіть після того, як відстані були стандартизовані. Помилка, яка виникає під час збільшення, також відрізняється від апарата який використовується. Коли вони були опубліковані, кілька перших досліджень не згадували та не виправляли допущену помилку збільшення. (У минулому Американська рада ортодонції вимагала, щоб випадки, які були представлені на сертифікацію, демонстрували калібрувальний пристрій у цефалограмі, щоб можна було виправити помилку збільшення.) Незважаючи на ці обмеження, перші дослідження були корисними для отримання кращих знань про черепно-лицьовий ріст та розвиток, і вони заклали основу для подальших досліджень.

Однак перш ніж їх згадувати в наступних дослідженнях або використовувати як основу для ортодонтичного лікування, оригінальні статті, про які йде мова, повинні були бути піддані ретельному розгляду. Вибір цефалометричних еталонних характеристик, відомих як площини, для порівняння змін скелета та зубів був одним із викликів, з якими стикалася рання цефалометрія, намагаючись визначити зміни в черепно-лицьовій області.

На ранніх етапах створення цефалометрії William B. Downs [41] дізнався, що для опису обличчя використовуються різноманітні вимірювання. Порівнюючи різні цефалометричні значення групи підлітків у віці від 12 до 17 років, що ростуть, він спробував виявити діапазон цефалометричних значень для осіб з різними прикусами і зв'язок між цими значеннями. Група складалася з 10 підлітків чоловічої та 10 жіночої статі. Downs дійшов висновку, що для аналізу обличчя потрібно розподілити його на складові частини, а саме на лицьовий скелет, зуби та альвеолярні паростки. Він використовував базові площини: Sella-Nasion (S-N), Франкфортської горизонталі (Po-Or) та Bolton-Nasion (Bo-N) відповідно. Спочатку він оцінював зв'язок зубів та щелеп із лицьовим скелетом, а потім визначав патерн росту скелета (верхня чи нижня щелепа превалювала).

Для аналізу обличчя Downs запропонував використовувати

франкфортську горизонталь, тому що вважав, що площини Sella-Nasion і Bolton-Nasion відокремлюють мозкову та лицьову частину черепа, а франкфуртська горизонталь дозволяє порівнювати зв'язки, що стосуються лише структур обличчя, на які може впливати ортодонтичне лікування. Для визначення розташування нижньої щелепи, вчений використав чотири різні грані для ілюстрації, як лицьовий кут, який є кутом, утвореним площиною обличчя та франкфуртською горизонталлю, представляє тип обличчя точніше, ніж площина обличчя до S-N або лицьова площина до площини Болтона. Його порівняння для кута опуклості, площини АВ і кута площини нижньої щелепи були числовими відхиленнями від середнього значення контрольної групи. Це відрізняється від більшості цефалометричних досліджень, які публікують середнє значення. Якщо середній кут опуклості в контрольній групі було зареєстровано як 180 градусів, тоді вимірювання 185 градусів у тестового пацієнта буде повідомлено як +5,0 градусів, а не 185 градусів. Це тому, що негативна різниця вказує на увігнутий профіль, а позитивна - на опуклий профіль. Подібним чином відхилення від середнього значення площини А-В або кута площини нижньої щелепи інтерпретувалися як різниця від цього середнього значення. Це було зроблено без урахування дисперсії, яка існувала в контрольній групі. Downs вважав, що ці розбіжності демонструють складність вирішення ортодонтичної проблеми пацієнта. Його цефалометричні характеристики та значення все ще використовуються сьогодні, незважаючи на те, що дослідження Downs проводилися в обмеженій кількості, не розглядали варіації між статтю та проводили дослідження на пацієнтах, що ростуть, отже, певні цефалометричні значення могли змінюватись з віком. Після завершення його дослідження було представлено різноманітні параметри [21].

Протягом кількох наступних десятиліть велика кількість досліджень підкреслювала важливість використання надійних і стандартизованих орієнтирів, параметрів і контрольних точок для визначення результату лікування окремого пацієнта, порівняння кінцевих результатів декількох

пацієнтів, що були проліковані однаковою схемою, або передбачити ріст лицьового скелету. На жаль протягом останнього століття двовимірної цефалометрії, деякі з цих орієнтирів зазнали скромних змін у визначенні або акценті, і вони триватимуть у зв'язку з введенням третього виміру в 3D-цефалометрії. Наприклад, у світлі результатів 3D-дослідження зараз залишається дискусійним питання про те, чи можна вважати точку А місцем розташування верхньої щелепи [68].

### *1.2.3 Перехід від 2D до 3D*

#### **Перехід від 2D до 3D цефалометрії: розуміння проблем орієнтирів і вимірів**

Вивчення черепно-лицьових структур людини було розпочато антропологами та анатомами, які задокументували різні розміри старих кадаврів. Це був початок галузі, відомої як черепно-лицьова морфологія.

Краніометрія - методом, який вперше використовувався для вимірювання черепно-лицьових параметрів і спирався на остеологічні орієнтири. З часом прямі вимірювання проводили на живих пацієнтах шляхом натискання на прилеглу тканину черепа або за допомогою пальпації. Після розвитку рентгеновських технологій, стало можливим проводити вимірювання на цефалометричних рентгенограмах [11, 113]. З часом було запропоновано багато різних цефалометричних аналізів. Вони були ефективними у розвитку описової комунікації між лікарями та корисними у відображенні відмінностей патології від норми для окремих пацієнтів [11].

Цефалометричні вимірювання на рентгенографічних зображеннях чутливі до помилок у проекції, ідентифікації орієнтирів і вимірюваннях. Цефалометричний аналіз є різновидом діагностичного візуалізації, яке є двовимірним (2D), і це рендеринг є похідним від структури, яка є тривимірною (3D) [11, 83]. Крім того, посилення, спотворення та накладення сусідніх структур є побічними ефектами процесу 2D рентгенографії.

Промінь рентгеновського випромінювання виходить від точкового



джерела, тому він не паралельний жодній з точок, які досліджуються на об'єкті. Це призводить до явища збільшення. Різні збільшення, які відбуваються на різних площинах, сприяють явищу, відомому як спотворення. Незважаючи на те, що багато орієнтирів, які використовуються в цефалометричному аналізі, розташовані в середньосагітальній площині, деякі орієнтири та багато двосторонніх структур, які корисні для опису черепно-лицевої форми, піддаються спотворенню через їх розташування в різних полях глибини. Це має місце, навіть якщо багато орієнтирів, які використовуються в цефалометричному аналізі, розташовані в середньосагітальній площині [11, 83]. Помилки в ідентифікації орієнтирів також вважаються значним фактором цефалометричної помилки. Така неточність може бути спричинена кількома різними факторами, зокрема якістю рентгенографічного зображення, точністю визначення орієнтирів, надійністю, з якою можна відтворити розташування орієнтирів, оператором і технікою запису [11, 83]. Цефалометричні рентгенограми все ще широко використовуються і в багатьох ситуаціях є важливими для діагностики та лікування ортодонтичного пацієнта, навіть незважаючи на всі можливі помилки, які можуть виникнути при їх використанні.

З середини 1970-х років в ортодонтії було зроблено кілька спроб провести тривимірний аналіз і пов'язані з ним операції з використанням різних методологій. Розробка тривимірних моделей, які імітують особливості ротової порожнини, була першим кроком у цій великій галузі досліджень [12, 28, 38].

### **3D-візуалізація.**

Тривимірна візуалізація черепно-лицевої області потребує використання різноманітних методів, отриманих із таких різноманітних галузей, як прикладна математика, інформатика та статистика [125]. Незважаючи на те, що було розроблено кілька комп'ютерних 3D-методів для допомоги в ортодонтичній діагностиці [17, 84] та інші для прогнозування результатів лікування [15, 90, 91, 94], отримані дані становлять потенційні проблеми при їх аналізі. Це пов'язано з тим, що існує небагато прийнятих стандартів для

інтерпретації цих обчислювальних даних отриманих з КПКТ щелепно-лищевої ділянки, і, як наслідок, існують проблеми [53]. Інформацію спочатку потрібно перетворити з вихідного тривимірного формату на двовимірний формат, перш ніж його можна буде використовувати клінічно. Це зроблено для того, щоб медичні працівники могли легше сприймати дані. Інші проблеми включають втрату перспективи, супраїмпозицію, артефакти зображення, інформаційні прогалини та рух на зображенні [80].

У нашому сприйнятті тривимірних черепно-лицьових структур стали можливими значні зміни в результаті розвитку використання програмного забезпечення для створення 3D-зображень. Цю програму, наприклад, використовують для проведення аналізу скронево-нижньощелепного суглоба (СНЩС), коли на нього впливають функціональні пристрої [58, 118]. Інший метод, відомий як цифрова об'ємна томографія, можна проводити за допомогою таких пристроїв, як i-CAT (Imaging Sciences), 3D Accuitomo (J. Morita) і CB MercuRay (Hitachi), та багато інших [115]. Конусно-променева комп'ютерна томографія, часто відома як КПКТ, піддає пацієнтів меншій дозі опромінення, ніж мультиспіральна комп'ютерна томографія (МСКТ), і є на одному рівні з серією періапікальних рентгенограм всіх зубів [115]. Через те, що вона містить об'ємні дані, це дає можливість робити вторинні реконструкції, такі як сагітальні, корональні та аксіальні зрізи, а також 3D-реконструкції різних черепно-лицьових компонентів [130]. Усі ці фактори є рушійним елементом в напрямку переходу від звичайних 2D аналогових рентгенограм до технологій 3D цифрових зображень в ортодонтії. Дослідники та клініцисти усвідомлюють той факт, що наявність точної інформації про пацієнтів уможливує розробку не тільки індивідуальних планів їх лікування, а і використання даної інформації у дослідженнях та в освітніх установах при навчанні студентів [80].

Було зазначено, що КПКТ виробляє зображення, які є анатомічно правильними (розміром 1 до 1) тривимірними представленнями, зрізи яких можуть бути надані під будь-яким кутом у будь-якій частині черепа.

Стандартні цефалометричних рентгенограми забезпечують анатомічно невірні зображення. В даний час тривимірна об'ємна візуалізація пропонує лікарям цінну інформацію, яка допомагає їм в ідентифікації зубів та інших структур з метою діагностики та опису [81].

КПКТ дає клініцистам можливість переглядати черепно-лицеві структури, що є неможливим при діагностиці, використовуючи традиційну 2D цефалометрію. Зокрема, особливості будови основи черепа, такі як численні отвори, які можна розглянути у деталях. Оскільки ця технологія вперше була введена в Північній Америці приблизно в 2000 році, нинішня складність для лікарів полягає в тому, щоб зрозуміти та інтерпретувати 3D-зображення, а також прийняти рішення про конкретну модальність зображення на основі функції інформаційної/діагностичної ефективності та ризику для пацієнта. та аналіз витрат і вигод [80].

Наразі не існує встановленого методу аналізу 3D, і існують обмеження щодо того, як їх можна інтерпретувати. У зв'язку з цим необхідні нові рекомендації, а медичні працівники, які працюють із такими зображеннями, потребують спеціальної освіти та навчання.

### **Надійність орієнтирів.**

Для визначення КПКТ стандартним ортодонтичним діагностичним методом необхідно оцінити надійність орієнтирів для подальшої діагностики. У випадку стандартних бічних цефалограм це було зроблено значною мірою в історичному аспекті, як результат, на сьогоднішній день маємо більше 160 методів розшифровок 2D. Однак оцінка надійності орієнтирів для КПКТ є досить обмеженою, та існує потреба в подальших дослідженнях у цій галузі [66, 76].

У цефалометричному аналізі однією з найважливіших та невирішених проблем є можливість зробити помилку під час визначення орієнтирів [62]. Відповідно до висновків Чена та інших [30], неможливо оцінити розташування орієнтирів, не допустивши певної неточності. Оскільки помилки в ідентифікації орієнтирів є основною причиною помилок трасування, важливо

вжити зусиль, щоб зменшити вплив таких помилок на цефалометричні дані які отримуються з аналізу [32, 49]. На надійність ідентифікації орієнтирів впливає низка факторів, включаючи характеристики цефалометричних орієнтирів, щільності та чіткості зображень, анатомічної складності та накладання твердих і м'яких тканин, визначення орієнтира та рівня підготовки або досвіду спостерігачів [32, 57, 89]. Маквільям, і Веландер припустили, що ідентифікація орієнтирів може бути пов'язана з розпізнаванням образів, що є більш корисним для більш досвідчених спостерігачів [89]. Було наголошено, що помилка, яка виникає під час ідентифікації орієнтирів всередині спостерігача, часто нижча, ніж помилка, яка виникає під час ідентифікації орієнтирів між спостерігачами [68]. Складність ідентифікації цефалометричних орієнтирів, якість зображення та розмитість анатомічних структур можуть бути причиною дисперсії всередині спостерігача, тоді як зміни в підготовці та досвіді спостерігача можуть бути причиною розбіжності між спостерігачами [16, 114].

З появою конусно-променевої комп'ютерної томографії (КПКТ) у стоматології стало доступним рішення для візуалізації, яке не включає прогнозовану помилку проекції, пов'язану зі збільшенням, і яке уникає проблем накладання кісткових структур, пов'язаних зі звичайним цефалометричним зображенням та аналізом [126]. Крім того, КПКТ надає широкий спектр інструментів, таких як ортогональні зрізи, які можна взяти в будь-якому напрямку і тривимірні реконструкції, що полегшують правильне визначення орієнтирів. Дослідження показали, що 3D КТ має видатний ступінь точності, використовуючи фантоми та металеві маркери [87, 124]. Цей метод ілюструє точність зображення, але не повторює умови клінічної картини [66].

У своєму дослідженні Kragoskov та інші [66] опосередковано вивчали надійність орієнтирів шляхом отримання лінійних і кутових вимірювань зі стандартного цефалометричного аналізу бічних і фронтальних цефалометричних рентгенограм. Потім проводили порівняння цих значень з такими ж вимірюваннями, отриманих за допомогою тривимірної спіральної

КТ. Згідно з їхніми результатами, надійність орієнтирів і вимірювань при аналізі 3D КТ зображень була значно нижчою. Було припущено, що поясненням цих відкриттів є те, що відстані, оцінені між орієнтирами на двовимірних цефалограмах, надають лише координати  $x$  і  $y$ , але відстані, обчислені між орієнтирами на 3D-сканах КТ, представляють координати  $x$ ,  $y$  і  $z$ , таким чином додаючи додаткове відхилення. Це була одна з гіпотез для пояснення результатів [66]. Коли орієнтири були розташовані на окремих зрізах КТ, Hildebolt [54] відзначив, що вимірювання 2D були менш точними, ніж вимірювання 3D КТ. З іншого боку, вимірювання, проведені на тому самому зрізі, виявилися точними та надійними [4, 64, 126].

На типовому спіральному комп'ютерному томографі, наприклад, точка А буде розташована за межами площини сканування; однак його буде дуже легко знайти, коли його реконструювати як тривимірне зображення [66]. Ступінь неточності визначення орієнтира залежить від розташування орієнтира. Розумно передбачити, що помилка буде зменшена в місцях з очевидними межами та сильним контрастом і що вона буде більшою в розмитих частинах черепно-лицевої структури [57, 81].

Згідно з Баумріндом і Францом, орієнтири, розташовані на анатомічно сформовані краї або гребені легко розпізнати, але орієнтири, розташовані на кривих із величезними радіусами, вказують на вищий ступінь неточності їх вимірювань [16]. Ці два твердження були висловлені стосовно двовимірного зображення; тим не менш, вони однаково справедливі для тривимірного зображення. Порівняно з бічними цефалограмами, КПКТ виявилася менш корисною для виявлення певних ознак. Точки гоніон, кондиліон і поріон є прикладами орієнтирів, які складно ідентифікувати в тривимірній проекції через те, що вони розташовані на поверхнях, які є плоскими в трьох вимірах, або на структурах кістки, які сильно вигнуті. Вигнуті та плоскі поверхні на звичайних бічних цефалограмах відображаються як вигнута лінія, яка включатиме лише зміни розташування в 2D; однак у КПКТ вводиться третій вимір, що збільшує дисперсію відповідних орієнтирів. Це на відміну від

традиційних бічних цефалограм, які включають лише варіації розташування в 2D [66]. У порівнянні з двовимірними бічними цефалограмами, КПКТ-зображення значно ускладнюють розрізнення інших орієнтирів, які розташовані в регіонах з низькою щільністю. Чітке розмежування між кінчиком верхівки кореня та кортикальною кісткою, яка його оточує, не завжди легко визначити, що може ускладнити виявлення верхівок кореня. Верхівки коренів також важко помітити з іншої причини. Під час спроби побачити лише одну з цих щільних структур у 3D-реконструкції ви можете зіткнутися з деякими помилками, якщо є дві порівнювані щільні структури в безпосередній близькості одна до одної. Це тому, що програма розглядає щільності обох структур як еквівалентні. Якщо аналіз, який можна порівняти з цефалометричним, виконується з використанням орієнтира для вимірювання кутів або відстаней, тоді лише два виміри матимуть будь-який вплив на кінцеві результати, тоді як третій вимір не матиме жодного впливу. Усі три виміри впливатимуть на проведені лінійні вимірювання. Крім того, цільове призначення черепно-лицьових вимірювань впливатиме на кількість можливостей для варіацій у ідентифікації орієнтирів. Можна припустити, що клінічно прийнятні середні розбіжності в ідентифікації орієнтирів становлять менше одного міліметра. Доцільно вважати, що середні відмінності між 1 і 2 міліметрами будуть корисними в більшості досліджень, однак орієнтири з середніми відмінностями, які перевищують 2 міліметри, слід використовувати обережно.

### **Внесок КПКТ у створення нових орієнтирів.**

Традиційні орієнтири, які використовуються в боковому цефалометричному аналізі, були розроблені та застосовані на основі того, що можна побачити на 2D-зображеннях. Це дозволило зробити аналіз точним. У 3D-зображенні, виконаному за допомогою КПКТ, ці звичайні маркери не завжди відображають анатомічні компоненти, які є корисними для діагностичного процесу. У той же час значні структури, які не можна було

побачити в двовимірному зображенні через накладення, тепер можна аналізувати. Наприклад, кілька скелетних орієнтирів верхньої та нижньої щелеп, а також численні орієнтири в основі черепа тепер можна ідентифікувати з точністю та надійністю, тоді як у традиційних двовимірних цефалограмах ці орієнтири зазвичай були закриті сусідніми структурами.

У результаті, коли цефалометрія переходить від двовимірної до тривимірної сфери, потрібно намітити та проаналізувати нові орієнтири. Залежно від мети, яка досліджується, вони можуть бути виявлені на кісткових і зубних поверхнях, а також всередині кістки або самих зубів.

Ці орієнтири надають нові інструменти для діагностики та оцінки розвитку та змін у лікуванні, а також допомагають подолати обмеження, пов'язані з двовимірним зображенням. Наприклад, пульпові камери зуба можна використовувати для оцінки змін у тривимірному розташуванні зуба. Краї, отвори, вершини та інші елементи, які можна легко розпізнати за допомогою інструментів, доступних для 3D-зображень, будуть ідеальними місцями для розміщення маркерів на КПКТ-зображеннях. Слід віддавати перевагу орієнтирам, які можна без особливих труднощів спостерігати за допомогою 3D-реконструкції та підтверджувати за допомогою 2D-зрізів. Іншими ідеальними місцями для орієнтирів були б позиції між структурами різної щільності. Це усуває небезпеку втратити під час визначення порогів або розрізнення меж анатомічних структур. Іншими відповідними місцями для орієнтирів можуть бути місця між структурами з різною щільністю. Крім того, тривимірні орієнтири всередині основи черепа, як правило, не зачіпаються ростом, що уможливить накладання наборів зображень, отриманих протягом тривалого часу, незалежно від положення пацієнта [49]. Це надає змогу оцінити вплив лікування на черепно-лицьовий розвиток у трьох вимірах. Крім того, КПКТ відкриває додаткові шляхи для ідентифікації орієнтирів м'яких тканин. Для створення тривимірної системи координат ідеально вибрати численні опорні орієнтири в структурах, що є максимально сталими та не змінюють своє просторове положення в черепі та які розташовані на значній

відстані один від одного в різних площинах. Сконструйовані орієнтири, засновані на двох віддалених місцях, які можна чітко ідентифікувати, є дуже корисними. Також необхідно визначити орієнтири в межах «регіону інтересу», які слугуватимуть типовими зразками, що досліджується. У будь-який момент лікування або процесу росту та розвитку орієнтири повинні бути простими для розпізнавання. Підсумовуючи, вибір орієнтирів має бути індивідуальним відповідно до типу терапії або впливу на розвиток, які оцінюються в цьому дослідженні.

У стандартному 2D цефалометричному аналізі існують обмеження, яких можна уникнути за допомогою КПКТ. Ці обмеження включають той факт, що перекриття структур може призвести до помилок ідентифікації орієнтирів, які можуть погіршити виявлення справжніх змін, що присутні (наприклад, при лікуванні з розширенням верхньої щелепи) [48, 51, 75]. У лікуванні з розширенням верхньої щелепи багато вчених [45, 46, 51, 75], досліджували тривимірні зміни за допомогою КПКТ та КТ. Перевірка змін проводилася лише за допомогою лінійних і кутових вимірювань, а не тривимірної системи координат, що є фактором, який прослідковується в усіх цих дослідженнях. У 2D-аналізі, враховуючи обмеження такого типу зображень, орієнтири використовувалися для зображення структур замість самих структур. Під час тривимірного зображення (3D) можливо, що окремий орієнтир не завжди відображає те, як повний анатомічний компонент реагує на розвиток або терапію. Наприклад, орієнтири, розташовані на різних ділянках зуба, дозволяють кількісно визначити рух у всіх площинах простору, в тому числі обертальний рух [35]. Це тому, що зуби є тривимірними структурами. Використовуючи тривимірну декартову систему, Свеннен та ін. [121] усвідомлювали необхідність аналізу вимірювань, який базувався на трьох вимірах. Вони вибрали певні двовимірні цефалометричні орієнтири, що регулярно використовуються для створення стандартизованого еталонного положення визначення місцезнаходження структур черепа. Після цього вони визначали тривимірні зміни положення за допомогою різних орієнтирів.



Недоліком їхнього методу було використання орієнтирів, розташованих в структурах черепа, схильних до змін, пов'язаних з ростом (орієнтири, що утворюють франкфуртську горизонтальну площину Sella-Nasion). Ці зміни, пов'язані з ростом, можуть відбуватися одночасно зі змінами в лікуванні, що потенційно може спотворити результати залежно від тривалості спостереження. Аналізуючи вплив терапії розширення верхньої щелепи, Tausche та інші [122] використовували методологію, яка схожа на тривимірну декартову систему. Стандартизація розташування черепа стала можливою завдяки використанню маркерів, які вже були присутні в основі черепа. Однак дослідження не виявило змін у 3D, як передбачалося, скоріше було зафіксовано зміни щодо лінійних і кутових розмірів. Існує небагато випадків, коли були надані опубліковані значення надійності щодо координат орієнтирів, що використовуються в бічній і фронтальній цефалометрії. Різні дослідження [74, 82, 83, 89] пропонували значення надійності для координат x та y для багатьох місць, а один мета-аналіз дав загальний підсумок значень надійності для різних бічних цефалометричних орієнтирів. Крім того, інші дослідження не розкривають значення надійності для координат x і y [95], згідно яких, найбільш значні помилки виявляються в таких точках, як орбіта, грушоподібна вирізка та поріон. Клінічне значення неточності в розташуванні рецидивуючого орієнтира важко визначити, і воно буде змінюватися залежно від мети дослідження. Слід ретельно оцінити надійність між обстеженнями, і відмінності, які перевищують 1,5 мм, оскільки вони можуть вважатися клінічно значущими.

Аналізуючи багато точок, важливо брати до уваги те, як кумулятивні неточності розміщення орієнтирів могли вплинути на результати. У конкретному сценарії клінічно значущими орієнтирами будуть ті, відхилення яких перевищують 1,0 мм. На клінічну важливість помилки ідентифікації орієнтира також впливатиме розмір структури, яка досліджується, а також ступінь зміни, яку необхідно розпізнати. Помилка визначення орієнтирів може відрізнитися за координатами x, y та z, і деякі з них можуть бути корисними

для виявлення змін на одній осі, але не на іншій.

На клінічну важливість помилки ідентифікації орієнтира також впливатиме розмір структури, яка досліджується, а також ступінь зміни, яку необхідно розпізнати. Помилка визначення орієнтирів може відрізнитися за координатами  $x$ ,  $y$  та  $z$ , і деякі орієнтири можуть бути корисними для виявлення змін на одній осі, але не на іншій.

### **Перевизначення 2D орієнтирів**

Під час переходу від 2D до 3D цефалометрії одним із найскладніших викликів, які виникають, є перевизначення історичних 2D орієнтирів у 3D простір. Наприклад, на двовимірному планарному знімку передня межа основ верхівкової щелепи верхньої та нижньої щелеп може бути виявлена як одна точка. З іншого боку, у моделі тривимірної твердої тканини ці точки насправді є двома поверхнями, а не однією тривимірною точкою, яку можна описати відносно легко. Крім того, у цих двох місцях відбувається ремоделювання кістки в результаті переміщення зубів, викликаного ортодонтичним лікуванням. У світлі підвищеного інтересу до кількісного аналізу 3D-анатомічних структур необхідні подальші дослідження, щоб офіційно перенести історичні 2D-визначні локації в 3D-простір. Це необхідно зробити, мінімізуючи ризик додавання нових помилок ідентифікації. Вибрані орієнтири повинні продовжувати відповідати наступним вимогам: бути стабільними під час терапії та постійно зростати; бути анатомічно правильними та легко повторюваними. На додаток до цього, ці орієнтири повинні відображати властивості кісток і зубів, які можна використовувати в реальності для майбутніх досліджень. Точність і надійність 3D-орієнтирів скелета та зубів досліджувалась лише в обмеженій кількості досліджень [71, 95].

Згідно з розумінням авторів, наразі бракує даних, щоб продемонструвати точність і надійність 3D-орієнтирів. Оскільки кожен орієнтир може мати нерівномірну похибку вздовж усіх трьох осей, необхідно встановити найточніші можливі вимірювання орієнтира для кожної осі після проведеного лікування. Перегляд звичайних 2D-орієнтирів необхідний для

визначення чи потреби в додаванні нових орієнтирів, а також чи слід видалити якісь з традиційних. Достовірність скелетних і дентальних орієнтирів для відображення області інтересу повинна бути підтверджена шляхом порівняння діагностичних вимірювань у нелікованих пацієнтів з нормальними скелетними і оклюзійними співвідношеннями та порівняти їх з нелікованими аномальними скелетними та оклюзійними співвідношеннями в популяції певного регіону. Якщо ці сукупності мають великі стандартні відхилення або немає варіацій у розміщенні орієнтирів між ними, це означатиме, що ця інформація не є цінною для діагностичного аналізу. Наприклад, грушоподібні орієнтири можна знайти у зовнішній частині опуклості, яка утворює носову порожнину. Оскільки кістка в цій області тонка і має низьку щільність, ступінь її видимості дуже залежить від порогу, встановленого в програмі. Через відсутність контрасту щільності з кісткою, яка оточує певні зуби, верхівки таких зубів може бути важко побачити. Слуховий прохід має форму циліндра, і вздовж осі абсцис зовнішній слуховий хід може розташовуватися в різних місцях по всій довжині каналу. Якщо у пацієнта немає помітної вилично-щелепної виїмки, може бути складно виявити вилично-щелепну кістку зліва чи справа від верхньої щелепи.

Баумрінд і Франц встановили, що форма зображеної анатомічної структури має значний вплив на рівень точності та надійності, якого можна досягти під час розміщення орієнтирів [16]. Існує ряд анатомічних характеристик, що впливають на точність і надійність розміщення 3D-орієнтирів. Деякі з цих аспектів включають форму орієнтира, його розмір, якість контрасту з сусідніми структурами та анатомічну варіабельність. Анатомічні маркери, розташовані на гострих або сильно вигнутих кісткових структурах, мають перевагу над тими, що розташовані на різко вигнутих або різко прямих структурах.

Встановлено, що верхівки коренів зубів виявляють високу надійність і точність; але, через низький контраст щільності з сусідньою кісткою, деякі з них не можуть бути візуалізовані, і, як наслідок, не є такими точними, як

орієнтири на скелеті [70].

Інколи важко визначити точний центр кісткового каналу або отвору на поперечному розрізі, якщо канал має звивистий хід, косий шлях, великий діаметр або локалізується під кутом. Це пояснює чому під'язиковий, зовнішній слуховий і інфраорбітальний отвори не мають такого ж рівня точності та надійності, як остистий отвір. Крім того, ускладненню видимості сприяє розташування орієнтирів всередині тонких кісткових пластинок. Як приклад, більший піднебінний отвір можна знайти в тонкій горизонтальній частині піднебінної кістки, якщо дивитися з аксіальної перспективи. При огляді в корональній і сагітальній площинах локалізація значно спрощується. У цих зображеннях контраст високої щільності між дном носової порожнини та піднебінною кісткою може бути використаний як орієнтир для допомоги у розпізнаванні самого нижнього входу до великого піднебінного отвору. Як зазначалося раніше, використання 3D-зображень дозволяє точно й надійно ідентифікувати низку анатомічних орієнтирів, які раніше не були помітні на 2D фронтальній або бічній цефалограмах. Великий піднебінний отвір, також відомий як GPF, є отвором, який подовжений у передньо-задньому напрямку та має помірний середній діаметр від 2 до 4 міліметрів [40]. Зазвичай він розташований таким чином, що він паралельний поверхні верхньої щелепи на рівні третього моляра. Після швидкого розвитку верхньої щелепи будь-які скелетні зміни в задній частині верхньої щелепи відобразатимуться як зміщення розташування GPF. Крім того, цей отвір розташований на відстані від коренів перших молярів верхньої щелепи, що дозволяє на нього впливати будь-якими передбачуваними зубоальвеолярними змінами. Показано, що він присутній з обох боків черепа і є носієм нервів і артерій. Було зазначено, що лише одне з 200 досліджень (0,5% від загальної кількості) мало подвійний GPF лише з одного боку [80].

Воронкоподібний отвір можна побачити прямо під центральними різцями верхньої щелепи. Цей отвір відомий як носопіднебінний отвір (NPF). Його розміри в середньому становлять 3,5 міліметра в мезіодистальному

вимірі та 2,8 міліметра вздовж губно-піднебінного боку [23]. Оскільки він розташований на значній відстані від верхньощелепних іклів, премолярів і молярів — зубів, які часто змінюються внаслідок швидкого верхньощелепного розширення — NPF вважається важливим маркером діагностики. Доведено, що вимірювання, проведені між NPF і декількома іншими оральними та кістковими структурами, мають чудову надійність і точність.

Підчочномковий отвір, також відомий як IORB, може бути знайдений у верхньощелепній кістці в місці, яке розташоване трохи вище за верхівки коренів першого та другого премолярів з обох боків ротової порожнини. Висновки вчених узгоджуються з результатами попереднього дослідження, яке було досить подібним до цього та виявило високу надійність і точність у межах 0,7 мм у кожному з трьох вимірів [76]. Однак той факт, що IORB канал є косими, а також той факт, що IORB має широкий і різноманітний діаметр (3,4 мм 2,4 мм 1,5 мм), все це ускладнює його локалізацію [80].

Ментальний отвір, також відомий як MF, розташовується на нижній щелепі з обох сторін, нижче верхівок коренів першого і другого премолярів. Його діаметр коливається в середньому від 2,4 до 1,8 міліметра [80]. Результати авторів узгоджуються з результатами більш раннього дослідження, яке було досить подібним до цього, яке виявило високу надійність і точність в межах 0,5 мм у кожному з них [95].

Верхівки коренів багатокореневих зубів визначаються за допомогою 3D-зображень простіше та з більшою точністю, ніж верхівки коренів однокореневих зубів. Недорозвинені та зігнуті корені дають оманливі висновки при інтерпретації поперечних розмірів. Показано, що центр остистого отвору (також відомий як SPIN), який має середній діаметр 2,4 2,0 мм [80], є ефективним маркером для визначення серединних ліній черепа [85]. Центр овального отвору (OVALE) має велику діаметром 7,0 3,6 мм [80], і його важче ідентифікувати, ніж SPIN, через подовжену форму в передньозадньому розмірі (вісь у). Остистий відросток в овальному отворі виявити легше. Крім того, канал проходить медіально від нижнього до верхнього уздовж

вертикальної (z) осі, що ускладнює ідентифікацію орієнтирів. Через малий діаметр і округлу форму на корональному зображенні центральну точку самого заднього боку отвору каналу Відіана (PVID) легко знайти та ідентифікувати. Він має досить прямий канал, який проходить паралельно Франкфуртській та піднебінній площині, що дозволяє надійно та легко простежити його задній вхід.

### **Порівняння цифрової та звичайної цефалометрії**

Якість різних цифрових цефалометричних зображень відрізняється. Геометрія проєкції, яка використовується для захоплення зображення на плівці, застосовується для створення цефалометричних зображень, зроблених на пластину PSP. Переважна більшість цифрових рецепторів, з іншого боку, захоплюють зображення за допомогою скануючого руху, і, як наслідок, їхні коефіцієнти збільшення відрізняються від тих, які використовуються в цефалометрії на плівці. Перед проведенням будь-якого цефалометричного дослідження Chadwick et al. виступав за проведення дослідів для встановлення коефіцієнта збільшення. Вони виявили, що існують варіації між кількома різними системами, і ці відмінності, здавалося, залежать від системи [29]. Однак, у їхньому дослідженні цефалограми до лікування порівнювали з цефалограмами після лікування.

McClure та ін. повідомили про відсутність варіацій у лінійних вимірюваннях, порівнюючи цифрову цефалометрію з цефалометрією на основі плівки [88]. Тривалість часу, що проходить між знімками до та після лікування, представляє потенційний фактор, що вводить в оману, у вигляді активного росту під час ортодонтичного лікування.

КПКТ вперше було використано в клінічній практиці наприкінці 1990-х років. Обладнання для конусно-променевої комп'ютерної томографії (КПКТ) має джерело випромінювання у формі конуса, твердотільний детектор, що обертається навколо голови пацієнта та записує всі дані сканування за один оберт [129]. Після цього ще необроблені дані перебудовуються в корональній, аксіальній і сагітальній площинах. Отримана інформація може бути

перебудована далі для візуалізації тривимірних або двовимірних зображень. Оскільки зображення, створені за допомогою КПКТ, не піддаються збільшенню, звичайний цефалометричний аналіз необхідно модифікувати для врахування чіткої геометрії проєкції цього способу візуалізації. Різниця в дозуванні КПКТ із традиційною КТ є найбільш важливою відмінністю для окремого пацієнта, оскільки на це має вплив низка факторів, але головна відмінність полягає в тому, що КПКТ здатний отримувати весь набір даних за один оберт, у той час як традиційний КТ потребує багатьох оборотів, для виконання цього ж завдання. Цей один поворот знижує дозування, але він також більш чутливий до будь-яких рухів, які може зробити пацієнт. Під час традиційної комп'ютерної томографії рух пацієнта впливатиме лише на результати для цього конкретного зрізу. Тим не менш, рух пацієнта впливає на кожен воксель під час отримання зображення КПКТ. Візуалізація м'яких тканин є ще однією областю, в якій існують значні відмінності. Звичайний КТ використовує високий мА, що додає контрасту м'яких тканин; КПКТ, з іншого боку, використовує дуже низький мА та створює дуже слабкий контраст у м'яких тканинах.

Для забезпечення точної діагностики та планування лікування всі залучені сторони повинні досягти консенсусу щодо місця вимірювання, методу, який буде використано, і, принаймні, вони повинні знати, як інтерпретувати результати. Це особливо важливо під час вимірювання нестабільних анатомічних утворень, таких як верхня та нижня щелепи, які знаходяться в черепі. Ті, хто використовуватиме вимірювання, відповідають за визначення та узгодження параметрів щодо зв'язків між різними об'єктами. Це актуально для цефалометричного аналізу, який вивчає форму, розмір, розташування щелеп в просторі та зміни кісток черепа та обличчя. Для того, щоб мати послідовну основу для категоризації та обговорення ефектів росту, розвитку та лікування, визначення цефалометричних орієнтирів, а також лінійних і кутових вимірювань, заснованих на цих орієнтирах, повинні бути зрозумілі та загально визнані. Для точного вимірювання лінії потрібні лише дві

точки, на відміну від інших типів вимірювань, таких як площа чи об'єм, чи площина для яких потрібно більше точок. Для отримання точних результатів для двовимірних (2D) вимірювань, таких як довжина, ширина або висота, потрібно вибрати точки як два місця, в яких проводяться вимірювання. Ці місця називають орієнтирами, як і на картах. Площу поперечного розрізу та об'єм анатомічних структур можна краще зрозуміти за допомогою тривимірних (3D) вимірювань на відміну від двовимірних (2D) даних. Точки, які служать орієнтирами, повинні бути чітко описані та розташовані так, щоб їх можна було безпомилково розпізнати. Важливо, щоб ці місця були пов'язані з іншими орієнтирами, які можуть продемонструвати вплив терапії чи росту. Багато маркерів, які використовуються в цефалометрії, історично походять від антропометрії. Тим не менш, розташування орієнтирів впливає на точність радіографічної ідентифікації. Є скелетні цефалометричні маркери, які знаходяться на кістках, а також орієнтири, які видно на м'яких тканинах. Є латеральні двосторонні орієнтири, що означає, що вони ідентифікуються по обидва боки від центру черепа, а інші є медіальними, тобто вони розташовані посередині голови. Рентгенологічна ідентифікація будь-якої з цих областей може бути складною через накладання, супраїмпозицію, м'яких тканин і компонентів скелета, а також через відповідну геометрію. У профілі об'єкта орієнтири, які використовуються в 2D цефалометрії, часто можна розпізнати з більшою легкістю та послідовністю. З іншого боку, їх надійність може бути знижена, якщо вони розташовані на прямій лінії або на ділянці кривої, на яку впливає положення голови [16].

Структури, що лежать всередині черепа, можуть ускладнювати виявлення численних внутрішньочерепних 2D цефалометричних орієнтирів, оскільки ці структури накладаються одна на одну. Як у симетричних, так і в асиметричних пацієнтів надійність двостороннього методу розпізнавання орієнтирів може бути скомпрометована використанням збільшення та невідповідного положення голови. Асиметрія та неправильна ротація голови пацієнта можуть ускладнити навіть визначення меж латеральних структур.



зміни в положенні голови викликають зміни в геометрії поверхні, що, у свою чергу, впливає на точність, з якою можна ідентифікувати певні орієнтири [16]. Будь-який орієнтир, який розпізнається в самій передній або самій задній точці кривої, може змінити положення якщо голова повернута, нахилена або якщо є нестандартне положення голови під час проведення цефалометрії. Прикладами таких орієнтирів є точка А на передньому контурі верхньої щелепи, точка В на передньому контурі нижньої щелепи та погоніон на самій передній частині підборіддя. Всі ці орієнтири розташовані на передній стороні щелепи. У 2D відстані між орієнтирами вимірюються лінійно як лінія або кут. На даний момент лінійні вимірювання також зазвичай проводяться в трьох вимірах. Вимірювання у двох вимірах часто проводять у вертикальній та в сагітальній (передньо-задній (AP))орієнтації для бокової цефалометрії, або вертикальній та транзверсальній площині якщо для фронтальної цефалометрії. Через це не завжди можна точно оцінити розмір анатомічної структури яку досліджують. Наприклад, довжину будь-якого тривимірного об'єкта з вигнутим або діагональним краєм неможливо точно виміряти у двох вимірах; все, що можна визначити, це лінійна відстань між двома точками (наприклад, гоніон до В-точки). Однією з корисних ілюстрацій цього є довжина нижньої щелепи, яка вимірюється від латеральних до медіальних структур кістки. Навіть у 3D-цефалометрії, якщо досліджується типовий бічний або фронтальний вид, результати часто є лінійними та не враховують кривизну чи морфологію анатомічних компонентів. Це стосується навіть випадків, коли вимірюється вид спереду або збоку. Не дивно, що Вен та інші виявили, що традиційні 2D та 2D вимірювання, отримані з 3D зображень, були значно гіршими за 3D вимірювання [128]. Що стосується вертикальних вимірювань, помітних змін не виявлено. Однак, їхні висновки про те, що 3D-вимірювання можуть бути оманливими в цефалометрії, здаються попередніми через те, що нова технологія потребуватиме додаткового дослідження та інтерпретації.

Клінічне використання цефалометрії, як це зараз практикується в ортодонтії, виникло поступово, з часом. У 1953 році Штайнер [119] зазначив

той факт, що, хоча цефалометрія використовувалася в дослідженнях протягом десятиліть, дуже небагато ортодонтів дійсно використовували її в клінічній практиці. І це, незважаючи на те, що він використовувався десятиріччями. Протягом історії кілька впізнаваних пам'яток, таких як погоніон, були піддані змінам назв або значень, які були досить значними, щоб викликати плутанину в їх тлумаченні [67]. Кожна окрема філософія лікування широко використовує різноманітні орієнтири та критерії (наприклад Tweed та його аналіз і філософія МПД та аналіз по Kim). Двовимірна цефалометрія на даний момент поступається місцем тривимірній. Новітні технології не зможуть відразу проникнути в усі аспекти ортодонтичної освіти та практики по всьому світу одночасно. Впровадження нової технології в освітні та клінічні заклади вимагає змін у навчанні та більших витрат на матеріально-технічне забезпечення. Згідно з даними багатьох комп'ютеризованих цефалометричних систем, більшість практикуючих ортодонтів обирають площини та кути лікування на основі власної освіти та філософії лікування. Наприклад, Tweed [123] відзначив низку перших піонерів у цефалометрії за значний внесок, який вони зробили і допомогли в процесі розвитку його терапевтичної філософії. По завершенні свого дослідження, Штайнер [119] відзначив внесок ряду інших науковців, таких як Даунс, Рідель, Томпсон, Марголіс і Вайлі, які надали ідеї або деякі вимірювання. Американська рада з ортодонтії (ABO) дозволила проводити лише обмежену кількість цефалометричних вимірювань для оцінки стану пацієнтів [8, 69].

### **Поточне використання давніших опублікованих норм**

До розвитку цефалометрії знання про краніофасціальний ріст здебільшого залежали від показників м'яких тканин, з власним набором обмежень, найважливішим з яких була відсутність повторюваності. Цефалометрична рентгенографія дозволила створити серійні записи кісткових структур і зберегти їх протягом десятиліть після їх першого збору. Дані довготривалих та перехресних досліджень були отримані з бічних і, іноді, фронтальних цефалограм, які проводилися на молодих людях раз на рік або

двічі на рік протягом тривалого періоду часу. В іншому записи довготривалих досліджень дітей були доповнені даними, отриманими після їх повноліття [18, 19, 20]. У той момент в історії найточніші знання про ріст і розвиток обличчя живої людини можна було отримати за допомогою використання 2D бічних і фронтальних цефалометричних параметрів у вигляді кутів і лінійних вимірювань. Більшість цих перехресних досліджень були проведені та опубліковані багато десятиліть тому і не дивно, що їх дизайн має чимало недоліків. Насправді велика кількість робіт, які надають дані для різноманітних цефалометричних оцінок для дорослих, мають подібні проблеми та потребують аналізу. Натепер використання застарілих даних, які були завершені та опубліковані багато десятиліть тому, може бути поставлена під сумнів з різних причин. Основні з них ґрунтуються на:

- **Проблеми з дизайном** (незначна вибірка обстежуваних; критерії включення та виключення були недостатньо визначені, поверхнево описані і суб'єктивні та не точно відображали популяцію, з якої вони були взяті; нелогічно широкий віковий діапазон). Коттоном та ін. [34].

- **Відмінності у збільшенні** Ранні цефалометри мали труднощі зі збільшенням, що не було узгодженим для приладу. Переважна кількість досліджень або не фіксували збільшення, або не вказували, чи проводилось його корегування. Відстань від анодної трубки до центра голови пацієнта також сприяла неконтрольованому збільшенню. Зрештою, позиціонування стандартної лінійки або ланцюжка використовувалося для визначення збільшення та можливості корекції лінійних відстаней. Висновки Діббетса та Нотте [40] показали, що рентгенографічне збільшення відіграло значну роль у розумінні відмінностей між дослідженнями, особливо коли йшлося про інтерпретацію відмінностей між різними етнічними групами. Вони зробили це, використовуючи математику для налаштування збільшення кількох лінійних характеристик, вибраних із раніше опублікованих цефалометричних атласів (дослідження росту Болтона, Мічигану, Мехаррі та Філадельфії). Коли середні значення лінійних параметрів досліджували за віком, результати показали, що

деякі з них показали дуже незначні зміни між групами, тоді як інші - значні відмінності. Таким чином, важко порівнювати різні етнічні групи через відмінності у збільшенні або відсутність інформації про нього. Одне перехресне дослідження (Huang et al) [59], яке порівнювало цефалометричні дані європеїдних американців з даними афроамериканців, отриманими в чотирьох незалежних клініках або практиках, відзначило, що все цефалометричне обладнання було налаштовано на однакове збільшення. Незважаючи на те, що опубліковані дані не враховували збільшення, вони продемонстрували, що афроамериканці-підлітки мають значно більші верхньощелепні (SNA), нижньощелепні (SNB) кути та кут між ними (ANB), а також більшу гіпердивергенцію (піднебіння було нахилене догори та оклюзійні площини нахилені вниз), порівняно з підлітками європеїдної раси. Той факт, що кути використовувалися для порівняння верхньої, нижньої щелеп, а не лінійні вимірювання, як це зробили Діббетс і Нотте [40], свідчить про те, що для цефалометрії необхідні численні цефалометричні параметри, які використовуються для вивчення росту та розвитку. Бути дійсно ефективним. Іншими словами, діагноз пацієнта може залежати від обраних критеріїв. Незважаючи на це, навіть цефалометричні значення, надані (Huang et al) [59], не можуть бути використані для порівняння окремих пацієнтів за віком через підхід, який вони використовували, який полягав у групуванні пацієнтів одного віку. Загалом, лікарям слід бути обережними, використовуючи абсолютні результати більшості цих досліджень, щоб прийняти рішення про лікування для своїх пацієнтів, якщо тільки вони не впевнені, що збільшення їх апарата таке ж, як і збільшення яке було в дослідженні.

**- Зміни в етнічному складі населення** Міграції людей різного расового та етнічного походження відбувалися по всій території планети. Хоча величезні популяції людей, що належали до однієї етнічної групи, мали тенденцію збиратися в певних регіонах, населення цих регіонів змінювалося з часом, коли нові етнічні групи мігрували, а старші групи або розсіювалися, або

ставали меншою частиною загального населення [13]. Це відбувалося протягом усього періоду часу. Цілком можливо, що існуючі цефалометричні норми або фенотипи цих популяцій зміняться. Крім того, відмінності цефалометричних значень між етнічними групами існують на кожному континенті чи у кожній нації, що має значну частину території [50, 116].

- **Вплив старіння** Є критерії, які змінюються, коли людина стає старшою. Таким чином, недоцільно порівнювати характеристики, виміряні у дитини 10 років, з характеристиками молодого дорослого, а тим більше старшого [18, 43, 100, 102]. Хоча деякі діти ростуть набагато раніше середнього хронологічного віку, інші дозрівають набагато пізніше, ніж середні показники їх хронологічного віку, вікові норми були б більш репрезентативними для дітей та підлітків. Незважаючи на те, що дослідження показали, що різні цефалометричні значення змінюються з віком у дорослих, використання певних стандартів для дорослих робить припущення, що зміни будуть незначними або відсутні [18, 19].

- **Відмінності за статтю** Між статями існують відмінності за різними параметрами [18, 21, 26, 50, 102, 110], навіть якщо деякі з цих відмінностей не стають помітними до настання статевого дозрівання.

- **Варіації в досвіді краси та форми.** Ідею про те, що естетичні ідеали та біологічні норми є відмінними, слід застосувати до розбіжностей, які існують між різними етнічними та культурними групами, оскільки вона може впливати на лікування та має розглядатися в цьому контексті. Труднощі використання норм у випадках плану лікування показують, що естетичні цінності практикуючого лікаря та пацієнта можна краще використовувати для планування лікування пацієнта, ніж зусилля виконати цефалометричні стандарти для етнічних груп. Це пояснюється тим, що використання норм для плану лікування випадків може бути проблематичним [10, 34, 50, 120].

- **Варіанти визначення цефалометричних параметрів** На інтерпретацію расових відмінностей також може вплинути конкретна

цефалометрична міра, яка надається. Наприклад, порівняно з представниками європеїдної раси, китайці як чоловічої, так і жіночої статі мають значно більші виступаючі різці нижньої щелепи, коли береться вимірювання A-Pg нижнього різця, але не під час вимірювання IMPA [50].

- **Висновок** Розуміння обмежень досліджень росту та розробка стандартів, які можна застосувати до нинішніх пацієнтів, є найкращим способом прийти до висновку щодо використання результатів. Результати цих досліджень значно покращили наші знання про двовимірний розвиток черепно-лицевого комплексу у людей. Перш ніж згадувати будь-яке дослідження, слід переконатися, що вони мають повне розуміння дослідження, прочитавши оригінальні матеріали та методології. Порівняння варіацій у результатах у дослідженнях не повинно ґрунтуватися лише на даних, наведених у таблицях опублікованих досліджень; скоріше, вони повинні базуватися на знанні досліджуваних популяцій і методології, яка використовується в кожному дослідженні. Найпростіший спосіб використати ці стандарти – це визначити закономірності, які є узгодженими протягом кількох досліджень; індивідуальна статистика сама по собі не настільки важлива. По суті, важливо проаналізувати межі та відповідність будь-якому та всім перехресним дослідженням, які встановлюють норми, які використовуються для отримання результату діагностики та лікування.

### **1.3 Використання артикулятора в клінічній практиці лікаря ортодонта**

При аналізі літературних джерел за останні 40 років в період з 1980-2023 можна зробити висновок, що не існує єдиної думки стосовно використання артикулятора в клінічній практиці лікаря-стоматолога ортодонта. В більшості випадків це залежить від клінічної картини, діагностичних питань та складання плану лікування.

Існують різні аргументи багатьох вчених, які вважають доцільним

використання артикуляторів у повсякденній роботі стоматолога-ортодонта.

В основі своєї концепції лікування Roth R.H. 1981 визначив першочергову необхідність у реєстрації ЦС. Ідеальна формула завершення лікування – це ЦО=ЦС [111]. В іншому випадку, пацієнтам виготовляють депрограматор (міорелаксаційну капу), а після сплїнт терапії - повторно реєструють ЦС і в цьому положенні гіпсують діагностичні моделі в артикулятор та проводять аналіз оклюзії.

Погляди Roth R.H. лягли в основу концепції FACE яку Domingo M., Renato Cosconi [86] широко впроваджують по світу, а їхніми аргументами використання артикулятора в щоденній практиці лікаря ортодонта є те, що артикулятор – це клінічний інструмент, який використовується для проведення більш детальної діагностики, висвітлення повної клінічної картини, функціональних порушень та встановлення остатчного діагнозу ортодонтичного хворого. Використання артикулятора надає деталізацію діагностичних даних для складання та коригування плану лікування, а саме:

- виміряти розбіжність, якщо така є, між центральним співвідношенням та центральною оклюзією в 3 взаємоперпендикулярних площинах;

- визначити першу точку контакту (точку опори) у центральному співвідношенні, що має особливе значення у пацієнтів зі зменшеним заднім вертикальним розміром (PNS-Go) і вертикальним (за годинниковою стрілкою) типом росту. Це дає реалістичну картину механізму вертикального контролю (не допустити перепрорізування молярів), який необхідно використовувати для виправлення патологічного прикусу;

- визначити необхідність «пробного» (set-up) лікування у пацієнтів з невідповідністю розмірів зубів, що прогнозує наше фактичне лікування;

- допомагає у вивченні закономірностей стирання та проклінації різців верхньої щелепи у пацієнтів з пародонтитом;

- допомагає визначити відсутність координації дуги та передчасні контакти внаслідок неправильного розміщення брекетів для покращення фінішного етапу ортодонтичного лікування;

- допомагає у виконанні попередньої макетної операції у ортогнатичних пацієнтів;

- надає можливість виготовлення точних суглобових шин;

- покращує координаційну роботу лікаря-ортодонта та ортопеда в комплексі мультидисциплінарних випадків.

Cordray F.E., також виступає за використання артикулятора в щоденній практиці. Перед початком або на будь-якому етапі ортодонтичного лікування діагностичні моделі повинні бути загіпсовані в середньо-анатомічний артикулятор за середніми параметрами. При наявності симптомів дисфункції, за необхідністю, виготовляється оклюзійна шина [33].

Hudson J.M [60] в своїй статті висвітлив опитування серед колег ортодонтів, за результатами якого були зроблені висновки, що аналіз діагностичних моделей має більш важливий вплив на остаточний вибір методу лікування, ніж цефалометрія. У своїх дослідженнях Aichinger C підтвердила та доповнила думку Hudson J.M. [5].

Theodore D [44] в своєму дослідженні висунув наступні аргументи щодо необхідності використання артикулятора в практиці лікаря ортодонта, а саме: тривимірне мислення, викликане використанням артикуляторів, включає зуби, щелепи та суглоби, що дозволяє ортодонту створити оптимальну модель функціонального жувального комплексу, окрім того, у гнатологічній практиці для процесу діагностики та планування лікування включається контроль висоти прикусу, що призводить до усунення дистальних передчасних оклюзійних контактів; аналіз оклюзії у вертикальній площині може бути проведено за допомогою гіпсування моделей в артикулятор та пошуку аксіопатичних трасувань (динамічні інтерференції) з використанням артикуляційного паперу при відтворенні біомеханіки рухів нижньої щелепи. Отже, без використання артикулятора залишається багато важливої інформації, яка не враховується, і призводить до помилок у плануванні діагностики та лікування.

Застосування гнатологічних принципів в ортодонтії шляхом



використання артикуляторів разом із фотопротоколом, конусно-променевою комп'ютерною томографією та реєстратами прикусу допомагає практикуючому лікарю отримати повноцінну роботу зубо-щелепного апарату. Цей комплексний підхід до ортодонтичної діагностики, планування та прогнозування результатів лікування використовується для вирішення складних ортодонтичних клінічних випадків, які потребують міждисциплінарного підходу (хірургічного, ортодонтичного, ортопедичного, терапевтичного).

На думку українських вчених, дослідження порушень оклюзії зубних рядів – невід'ємний компонент комплексного функціонального аналізу зубощелепного апарату. Перевірка лише статичних параметрів оклюзії не є повноцінною об'єктивною методикою оцінки якості проведеного лікування. (Лихота К.М. 2018) [3].

Аналіз оклюзійних контактів, у комплексі з іншими клінічними та апаратурними даними, дозволяє отримати інформацію про прикус, функціональний стан СНЩС та м'язів (жувальних, мимічних, м'язів голови, шиї, спини), навантаження на зубні ряди та окремі зуби. У ортодонтичному аспекті об'єктивна оцінка оклюзійних співвідношень необхідна для визначення патології та її етіології (дисфункція СНЩС), планування адекватного лікування та, що найважливіше, його контролю - Драгомирецька М.С. 2013 [2].

Жувальний апарат становить собою складну систему структурних і функціональних зв'язків, тому ретельна функціональна діагностика викликає клінічну складність для лікарів-ортодонтів. Ортодонтичне лікування дорослих стає все складнішим. Помилки в діагностиці й хибна стратегія лікування можуть викликати не тільки дискомфорт, а й тяжчі наслідки: постійний головний біль, дисфункції скронево-нижньощелепного суглоба (СНЩС), кістково-м'язові запалення в ділянці черепа й шийного відділу хребта і т.д. Щоб звести до мінімуму ризик виникнення таких неприємних наслідків, необхідно враховувати не тільки морфологічні й функціональні особливості, а

й найголовніше - індивідуальні показники кожного пацієнта, що можливо досягти при застосуванні артикулятора (Куроедова В.Д. 2021) [1].

Деякі вчені вважають що застосування артикулятора в практиці лікаря-ортодонта [6, 61, 101, 104, 105, 106, 127] залежить від деяких факторів:

- віку пацієнта;
- наявності дисфункціональних скарг;
- кількість антагонуючих пар зубів;
- планування ортопедичної стабілізації на супраконструкціях;
- підготовка до тотального протезування;
- клінічні випадки, що потребують ортогнатичної хірургії.

Проте існує багато науковців, які вважають недоцільним застосування артикулятора при лікуванні ортодонтичних патологій, пояснюючи це необґрунтованими витратами часу та коштів, ризиком помилок на різних етапах роботи з апаратом, що може мати ефект накопичення і в кінцевому підсумку негативно вплинути на результат лікування. Артикулятор, на їхню думку, не може точно моделювати фізіологію рухів СНЩС і траєкторію нижньої щелепи [31, 42, 63, 73, 93, 107, 108, 109].

У своїй статті Р. Келлехер [63] у 2006 р. зробив висновок про важливість дотримання здорових принципів функціональної стабільності прикусу. Однак ідея контролю здоров'я скронево-нижньощелепного суглоба за допомогою жорстких вимірювань, маніпуляцій та обладнання, на його думку, відволікає від справжнього завдання осмислення та збору унікального анамнезу, стану та реакції кожного пацієнта на лікування. Отже, лікарі не зобов'язані покладатись на пристрої, застосування яких може викликати помилки.

Неодмінно слід приділити увагу сучасному методу цифрової діагностики в ортодонтії - цифровим артикуляторам. Особливо цінним є його застосування в поєднанні з 3D-зображенням, отриманим за допомогою КПКТ, цифровим скануванням ротової порожнини, оскільки це дозволяє з максимальною точністю визначити фізіологічне положення щелеп пацієнта відносно основи його черепа [25, 47, 99].

## РОЗДІЛ 2. МАТЕРІАЛИ ТА МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕННЯ

### 2.1. Загальна структура проведення дослідження.

Під час виконання дисертаційної роботи нами було проведено ретроспективний аналіз баз даних 2305 КПКТ досліджень пацієнтів віком 18-25 років на базі медичного центру «Добробут» та Central Laboratory Diagnosis of the Head (CLDH). (табл. 2.1) Первинний огляд проводили 217 особам, що звернулись за стоматологічною допомогою на кафедру ортодонції та пропедевтики ортопедичної стоматології на базі Стоматологічного медичного центру НМУ ім. О.О.Богомольця (175 чоловік) та клініку «Expir» (42 особи). (табл. 2.2).

Таблиця 2.1

### Загальний розподіл ретроспективного аналізу баз даних КПКТ досліджень

Установа	Кількість КПКТ	Стать			
		Чоловіча		Жіноча	
		абс	%	абс	%
Central Laboratory Diagnosis of the Head (CLDH)	629 (27%)	275	44	354	56
Медичний центр «Добробут»	1676 (73%)	989	59	687	41
Всього	2305 (100%)	1264	54	1041	46

На основі даних, представлених в таблиці 2.1, можна зробити висновок, що серед загальної кількості переглянутих знімків 2305 (100%) КПКТ черепів чоловіків було -1264 (54%), а жінок –1041 (46%).

Під час проведення ретроспективного аналізу для розробки нормативної бази показників 3-D цефалометричного аналізу, ми відбирали пацієнтів що відповідали наступним критеріям включення та виключення:

Критерії включення:

1. Пацієнти віком 18-25 років;
2. Європеїдна раса;
3. Симетричне і пропорційне обличчя;
4. Збережений ключ оклюзії по Ендрюсу;
5. Збережена анатомія головок СНЩС;
6. Зі стоматологічним анамнезом (лікування карієсу, пульпіту);

Критерії виключення:

1. Протипоказання для дослідження КПКТ (вагітність, клаустрофобія, хвороба Паркінсона та ін.)
2. Набуті чи генетично успадковані зубощелепні аномалії (незрощення піднебіння, ретрузія/протрузія щелеп);
3. Травми та посттравматична деформація ;
4. Щелепно-лицева, ортогнатична чи реконструктивна хірургія;
5. Ортодонтичне лікування в анамнезі;

З оглянутої бази даних 2305 КПКТ досліджень відібрано 48 випадків (кейсів), що відповідали критеріям включення та виключення для проведення стандартних 3D цефалометричних аналізів та створення нового, запропонованого нами методу, з формуванням нормативної бази даних для нього.

Наступним етапом виконання дисертаційної роботи було проведено клінічний огляд 217 пацієнтів, котрі звернулись за стоматологічною допомогою: 175 (81%) осіб на базі кафедри ортодонції та пропедевтики ортопедичної стоматології та Стоматологічного медичного центру НМУ ім.

О. О. Богомольця та 42 (19%) особи на базі клініки «Ехрір». (табл. 2.2).

Таблиця 2.2

### Загальний розподіл оглянутих пацієнтів

Установа	Кількість обстежених		Стать			
			Чоловіча		Жіноча	
	абс	%				
			абс	%	абс	%
Кафедра ортодонції та пропедевтики ортопедичної стоматології НМУ ім. О.О.Богомольця	175	81	68	39	107	61
Стоматологічна клініка «Ехрір»	42	19	15	36	27	64
Всього	217	100	83	38	134	62

Дані таблиці 2.2 свідчать, що кількість обстежених осіб жіночої статі 134 (62%) значно переважало над чоловічою 83 (38%).

Для подальшого обстеження відбір пацієнтів проводився за наступними критеріями включення та виключення:

Критерії включення:

1. Пацієнти віком від 18-35 років;
2. Європеїдної раси;
3. Дистальний прикус;
4. Дистальний прикус, ускладнений глибоким (денто-альвеолярна форма);
5. Мезіальний прикус;

6. Мезіальний прикус, ускладнений перехресним;

Критерії виключення:

1. Протипоказання для дослідження КПКТ (вагітність, клаустрофобія, хвороба Паркінсона та ін.);
2. Відкритий прикус (денто-альвеолярна та скелетна форми);
3. Глибокий прикус (скелетна форма);
4. Набуті чи генетично успадковані зубощелепні аномалії (незрощення піднебіння, ретрузія/протрузія щелеп та ін.);
5. Травми та посттравматична деформація;

Для встановлення попереднього ортодонтичного діагнозу нами використовувались класифікації Е. Енгля та А.І. Бетельмана.

Огляд усіх 217 обстежених осіб проводився за загальноприйнятою методикою (зовнішнього огляду обличчя і оцінки лицевих ознак та внутрішньоротового обстеження). Отримані дані фіксувались в «Карті стоматологічного хворого № 043/0».

За критеріями включення, з 217 (100%) оглянутих, нами було відібрано 64 (29%) пацієнта для подальшого дообстеження.

З метою постановки остаточного діагнозу та складання плану лікування всі 64 (100%) пацієнти були направлені на КПКТ верхньої та нижньої щелепи, правого та лівого скронево-нижньощелепних суглобів, отримання відбитків і реєстратів прикусу в центральній оклюзії та сканування діагностичних моделей. У зв'язку з воєнним станом в країні та повномасштабним вторгненням, 12 (19%) пацієнтів виїхали за кордон, 4 (6%) особи відмовились від подальшого обстеження, тому 16 (25%) осіб були виключені з групи дослідження.

На подальше ортодонтичне лікування незнімною ортодонтичною апаратурою (брекет - система) залишились 48 (100%) пацієнтів, які були розподілені на групи за видом прикусу та гендером. (табл.2.3)

Таблиця 2.3

**Характеристика пацієнтів основної групи прийнятих на лікування, з  
урахуванням статі та прикусу.**

Нозологія	Кількість пацієнтів	Розподіл			
		Ч о л о ві к и	%	Ж і н к и	%
Дистальний прикус (скелетна форма)	11 (22%)	5	10	6	13
Дистальний прикус (скелетна форма)+глибо кий (зубо- альвеолярна форма)	6 (12%)	2	4	4	8
Мезіальний прикус (скелетна форма)	9 (18%)	6	12	3	6
Мезіальний прикус (скелетна форма)+перех рестний (зубо- альвеолярна форма)	22 (48%)	9	19	13	28
Всього	48 (100%)	22	45	26	55

Серед 48 (100%) пацієнтів, взятих на лікування, переважали пацієнти з скелетним мезіальним прикусом та мезіальний, ускладнений перехресним прикусом зубо-альвеолярною формою - 31 особа (65%); з скелетним дистальним прикусом та дистальний, ускладнений зубо-альвеолярною формою глибокого було відібрано - 17 осіб (35%), співвідношення за статтю було майже однаковим 22 (46%) чоловіків і жінок - 26 (54%) осіб.

## **2.2 Методи дослідження**

Після проведення клінічних та додаткових методів діагностики для дослідження оклюзії нами проводилась загіпсовка діагностичних моделей (48 пар – 96 моделей) у віртуальний артикулятор по КПКТ зображенням з попередньою підготовкою.

Для розробки нових методів 3D цефалометричного аналізу використовувалось КПКТ черепа FOV 25\*25 см, було відібрано 48 черепів ретроспективно.

### *2.2.1 Клінічне обстеження*

Клінічне обстеження 217 пацієнтів проводили за загальноприйнятою методикою: суб'єктивні (анамнез життя та захворювання) та об'єктивні (огляд ротової порожнини та обличчя). Особливу увагу приділяли функціональному аналізу та аналізу статичної і динамічної оклюзії.

При клінічному обстеженні пацієнтів для встановлення попереднього ортодонтичного діагнозу нами використовувались класифікації Е. Енгля та А.І. Бетельмана.

### *2.2.2 Рентгенологічні методи діагностики*

При розробці нових методів 3D цефалометричного аналізу нами використовувались 2 бази даних досліджень: клініки «Добробут» 1676 (72,7%)



випадків, де КПКТ проводилось на сканері - Toshiba Astelion та стоматологічної клініки CLDH (КПКТ сканер : I-CAT) 629 (27,3%).

Для оптимізації протоколів діагностики різних стоматологічних нозологій, що включають в себе проведення КПКТ верхньої і нижньої щелепи та скронево-нижньощелепних суглобів, з метою зменшення рентгенологічного навантаження, було проведено експериментальне дослідження на черепі. (рис.2.1)



Рисунок 2.1 Оптимізація положення черепа в КПКТ установці.

Метою даного експерименту було проведення КПКТ на черепі з різним рентгенологічним навантаженням (табл. 2.4-2.7) та подальшою оцінкою отриманого зображення – аналіз різниці зображень отриманих з КПКТ - 821 mGr та 462 mGr і їх вплив на діагностику.

Деякі відмінності в контрасті певних анатомічних структур таких як емаль, дентин та губчаста частини кісток можна спостерігати на рисунках (2.2.а, 2.2.б, 2.2.в, 2.2.г), але їх деталізація від збільшення сумарної дози не змінювалась.



Рисунок 2.2.а Область 27-37 зубів в коронарному та сагітальному розрізі зробленому на  $4\text{mA} \cdot 85\text{kV}$  з експозицією в 14.2 секунд сумарна доза  $458\text{mGr}$

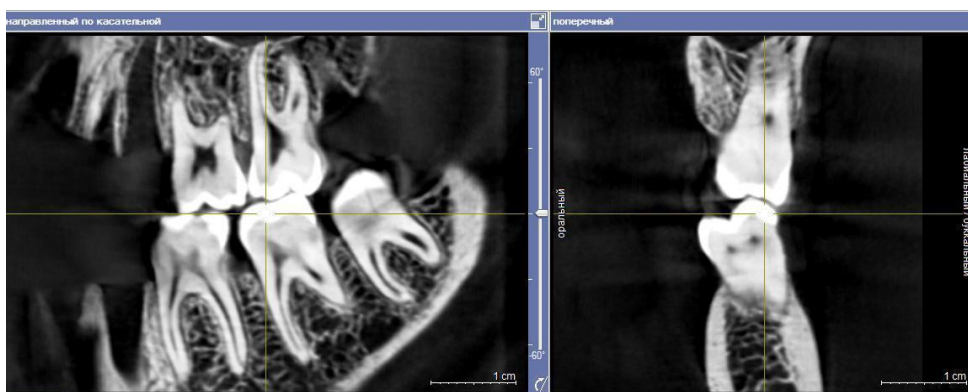


Рисунок 2.2.б Область 27-37 зубів в коронарному та сагітальному розрізі зробленому на  $5\text{mA} \cdot 85\text{kV}$  з експозицією в 14.2 секунд сумарна доза  $576\text{mGr}$

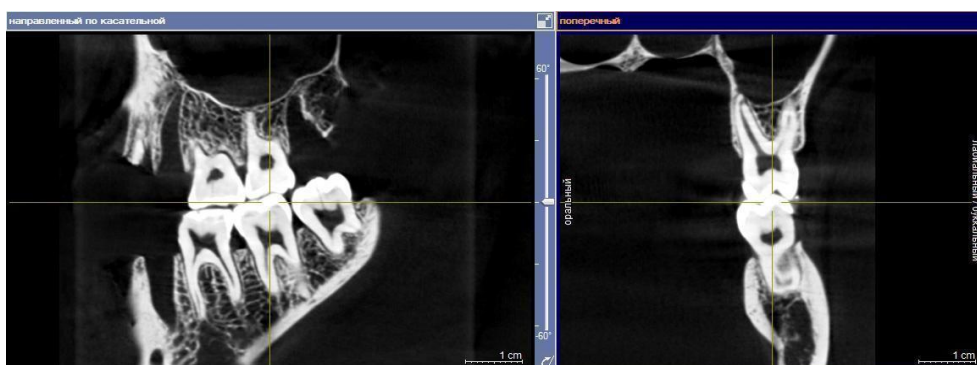


Рисунок 2.2.в Область 27-37 зубів в коронарному та сагітальному розрізі зробленому на  $6\text{mA} \cdot 85\text{kV}$  з експозицією в 14.2 секунд сумарна доза  $698\text{mGr}$

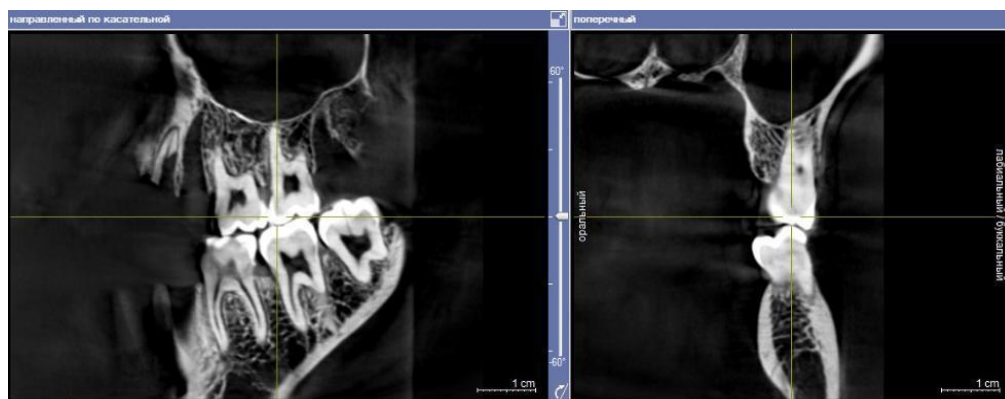


Рисунок 2.2.г Область 27-37 зубів в коронарному та сагітальному розрізі зробленому на 7mA\*85kV з експозицією в 14.2 секунд сумарна доза 806mGr

Фірма виробник КІТК апарату ORTHOPHOS XG 3D (Dentsply, Sirona GmbH Germany) в технічному паспорті вказує наступні варіанти програм об'ємної рентгенографії та сумарної отриманої дози табл. 2.4-2.7

Таблиця 2.4

**DAP при різних налаштуваннях kV/mA та програмах з різним об'ємом**

Програма VOL 1	1	2	3	4
kV/mA	85/7	85/7	85/10	85/13
Ефективний час випромінювання	3.2 сек	5.0 сек	5.0 сек	5.0 сек
DAP(mGr*cm <sup>3</sup> ) при повному об'ємі Ø 8см*8см	160	249	352	449
DAP (mGr*cm <sup>3</sup> ) при колімації до Ø 8см*5.5см	111	174	245	313

Таблиця 2.5

**ДАР при різних налаштуваннях kV/mA та програмах з різним об'ємом**

Програма VOL 1 HD	1	2	3	4
kV/mA	85/4	85/5	85/6	85/7
Ефективний час випромінювання	4.1 сек	14.1 сек	14.1 сек	14.1 сек
ДАР(mGr*cm <sup>3</sup> ) при повному об'ємі Ø 8см*8см	462	580	698	812
ДАР (mGr*cm <sup>3</sup> ) при колімації до Ø 8см*5.5см	321	404	486	565

Таблиця 2.6

**ДАР при різних налаштуваннях kV/mA та програмах з різним об'ємом**

Програма VOL 2	1	2	3	4
kV/mA	85/7	85/7	85/10	85/13
Ефективний час випромінювання	3.2 сек	5.0 сек	5.0 сек	5.0 сек
ДАР (mGr*cm <sup>3</sup> ) при повному об'ємі Ø 5см*5.5см	71	111	157	200

Таблиця 2.7

**ДАР при різних налаштуваннях kV/mA та програмах з різним об'ємом**

Програма VOL 2HD	1	2	3	4
kV/mA	85/4	85/5	85/6	85/7
Ефективний час випромінювання	14.1 сек	14.1 сек	14.1 сек	14.1 сек
ДАР (mGr*cm <sup>3</sup> ) при повному об'ємі Ø 5см*5.5см	206	259	312	363

## 2.3 Загальні принципи методу діагностики

Ортодонтичне лікування дорослих пацієнтів, в яких завершилися процеси росту та розвитку щелепно-лицевої ділянки потрібно розглядати як тотальну перебудову оклюзії на зубах протягом тривалого часу, тому аналіз оклюзії до та після лікування є важливою та невід'ємною складовою планування лікування.

На сьогодні існують різні протоколи лікування та діагностики ортодонтичних пацієнтів, але у них всіх можна виділити спільні пункти, такі як: клінічні та додаткові, що включають рентгенологічні методи та аналіз гіпсових моделей. Всі ці методи, що пропонуються в протоколах мають ряд недоліків та помилок, які акумулюючись призводять до помилок в плануванні лікування та його результатах. Нами модифіковано алгоритм діагностики, що став більш розширений і точніший з обов'язковим використанням рентгенологічних методів дослідження та аналізу оклюзії у віртуальному артикуляторі.

Для проведення діагностики по запропонованому нами алгоритму необхідно мати:

1. КПКТ верхньої та нижньої щелепи середнього FOV (обов'язково повинно захоплювати нижній край орбіти);
  2. КПКТ СНЩС лівого та правого;
  3. гіпсові моделі (або STL file моделей);
  4. віртуальний артикулятор;
- 3 програмного забезпечення :
1. Materialise mimics (для об'єднання DICOM файлів);
  2. 3-matic Medical (для роботи з STL файлами);
  3. Pro plan CMF (для 3D цефалометрії, але можна і 3-matic Medical що ми опишемо нижче);
  4. Exocad (для роботи з віртуальним артикулятором);
  5. Meshmixer або Blender (для роботи з STL файлами які додатково генеруються для методу циліндри, сфери, прощони);

Загальна структура діагностики за протоколом включає наступні етапи:

Пацієнт звертається в клініку за ортодонтичним лікуванням → первинний огляд, консультація, клінічні методи діагностики (обстеження) → згода пацієнта на подальшу діагностику та лікування → ортимання відбитків щелеп (аналогових або цифрових) → КПКТ ВЩ і НЩ та СНЩС (лівого та правого) → Аналіз КПКТ → об'єднання КПКТ зображень для побудови обмеженого згенерованого черепа (від НЩ до орбіти з поріон) → цефалометричний аналіз → гіпсування ВЩ у віртуальний артикулятор по КПКТ → аналіз оклюзії у віртуальному артикуляторі.

Запропонований нами протокол діагностики, направлений на зменшення рентгенологічного навантаження на пацієнта та нівелювання помилок, які виникають при гіпсуванні моделей щелеп по лицевій дузі та при аналізі оклюзії, тим самим підвищує якість діагностики, планування та стабільність результатів ортодонтичного лікування.

### **2.3.1 Об'єднання КПКТ знімків для створення об'ємних реконструкцій (CAD computer-aided design).**

Для постановки діагностичних моделей у віртуальний артикулятор з використанням STL файлів для рендерингу яких використовувались Dicom файли, отримані з КПКТ сканера (ORTHOPOS XG 3D (Dentsply, Sirona GmbH Germany)), але через особливості датчика сканера, що має діаметр 8\*8 см<sup>2</sup>, унеможлиблюється побудова франкфуртської горизонталі, так як точка P<sub>0</sub>, при проведенні КПКТ дослідження верхньої щелепи, не захоплюється і не візуалізується. Тому, для вирішення цієї проблеми для зменшення рентгенологічного навантаження на пацієнта і побудови об'ємної реконструкції, яка включає в себе зуби верхньої щелепи, край орбіти та суглобові відростки з зовнішнім слуховим проходом нами використовувалось програмне забезпечення Mimics Medical (Materialise NV Belgium).

Методика об'єднання КПКТ знімків для проведення даної процедури включає в себе наступні етапи:

1. завантаження файлів в програму DICOM;
2. використовуючи функцію Image - Image Registration, виставлення мінімум 4-6 точок за наступними анатомічними орієнтирами (рис.2.3):

- canalis palatine minor;
- posterior nasal spine;
- lamina horizontalis processus pterygoideus os sphenoidale;
- vomer;
- пульпові камери молярів;



Рисунок 2.3. Анатомічні орієнтири для об'єднання КПКТ зображень

3. перевірка надійності процесу об'єднання по анатомічним утворенням (перетинки в решітчастій кістці), товщина яких менше 1мм (рис. 2.4)

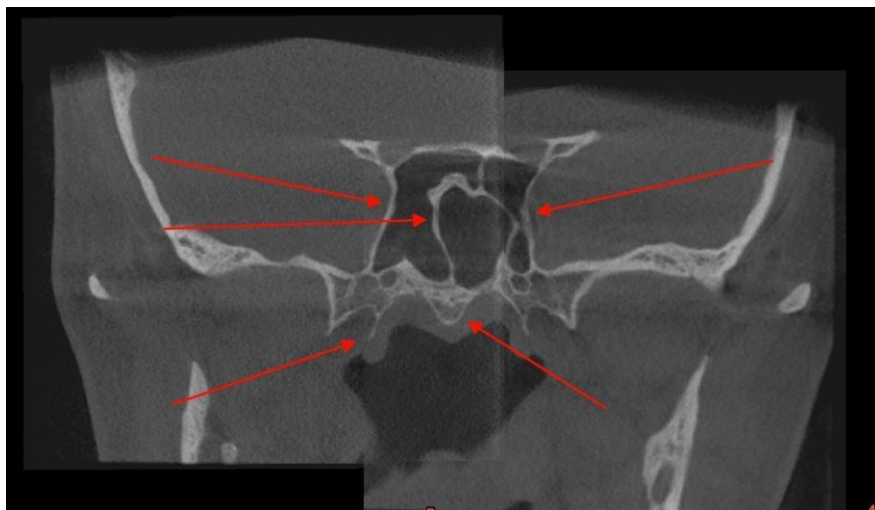


Рисунок 2.4. Перетинки в решітчастій кістці на об'єднаних КПКТ зображеннях

Після об'єднання КПКТ знімків в Mimics Medical (Materialise NV Belgium), наступним етапом є побудова трикутника та франкфурської площини в Meshmixer, та переносу положення в віртуальний артикулятор виконували наступний алгоритм роботи:

1. Проводили КПКТ, в якому поле зору (FOV) має охоплювати верхню щелепу, підчочномкову точку та зовнішній слуховий прохід. Експортували дані у файли цифрових зображень і комунікацій у медицині (DICOM).

2. Сканували дуги верхньої/нижньої щелепи та реєстрували їх оклюзійне співвідношення за допомогою оптичного інтраорального сканера або лабораторного сканера. Експортували скан, як файли стандартної мови трикутників (STL).

3. Перетворювали файли DICOM на 3D-модель і експортували дані у формат STL за допомогою Mimics Medical.

4. Імпортували 3D-модель черепа в програмне забезпечення для редагування файлів STL (Meshmixer; Autodesk, Сан-Рафаель, Каліфорнія). Будували трикутник, який розташовували на латеральні полюси СНЩС. Цей трикутник використовуються для вирівнювання моделі черепа відповідно до віртуального артикулятора.



5. Експортували модель черепа з трикутником у формат STL.

6. Завантажували відредаговану модель черепа та оптичні скани в стоматологічну програму Exocad (exocad GmbH, Німеччина).

Накладали скан моделі верхньої щелепи на череп.

7. Суміщали шарнірну вісь віртуального артикулятора з віссю суглоба використовуючи трикутник як орієнтир, та позиціонували в віртуальному просторі так щоб франкфуртська площина була паралельна плечу артикулятора.

8. Завантажували скан нижньої щелепи та вирівнювали її щодо верхньої відповідно до сканування оклюзії в максимальній інтеркуспідації, як показано на рисунку 2.5.

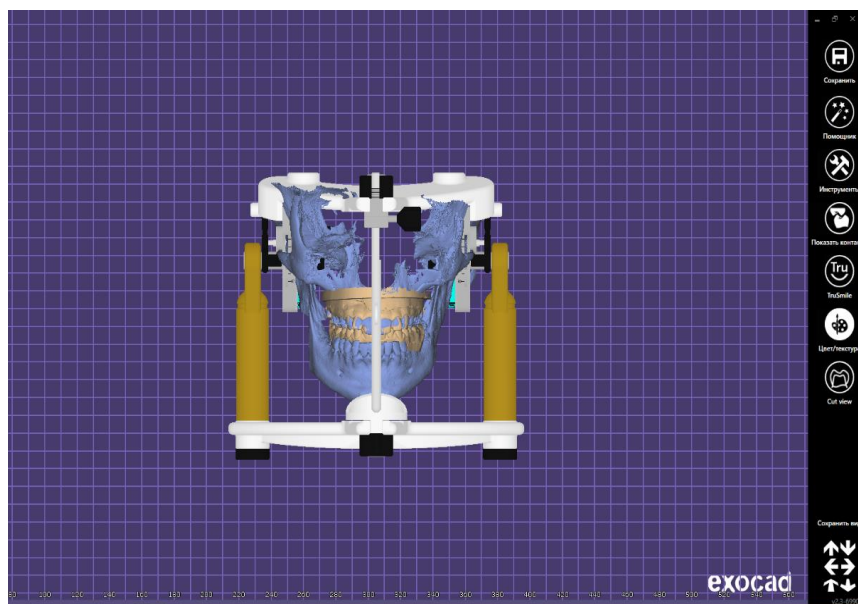


Рисунок 2.5 Приклад перенесення положення верхньої щелепи в віртуальний артикулятор по КПКТ черепа.

#### 2.4 Цефалометрія в 3D.

В процесі вивчення різних методик цефалометрії нами було знайдено літературне підтвердження що Se-N лінія, як референтна горизонтальна, має ряд недоліків, пов'язаних з ротацією цього комплексу в різних пацієнтів. Внаслідок цього, було вирішено використовувати франкфуртську горизонталь

як референтну.

КПКТ черепа, як метод діагностики має ряд недоліків, таких як: високе рентгенологічне навантаження, дорога вартість та унеможливлення його проведення на всіх апаратах КПКТ(якщо FOV менше 17\*17см<sup>2</sup>). На сьогоднішній день для проведення такого дослідження в основному використовують КПКТ сканери з FOV 27\*27 см<sup>2</sup>. (рис. 2.6)

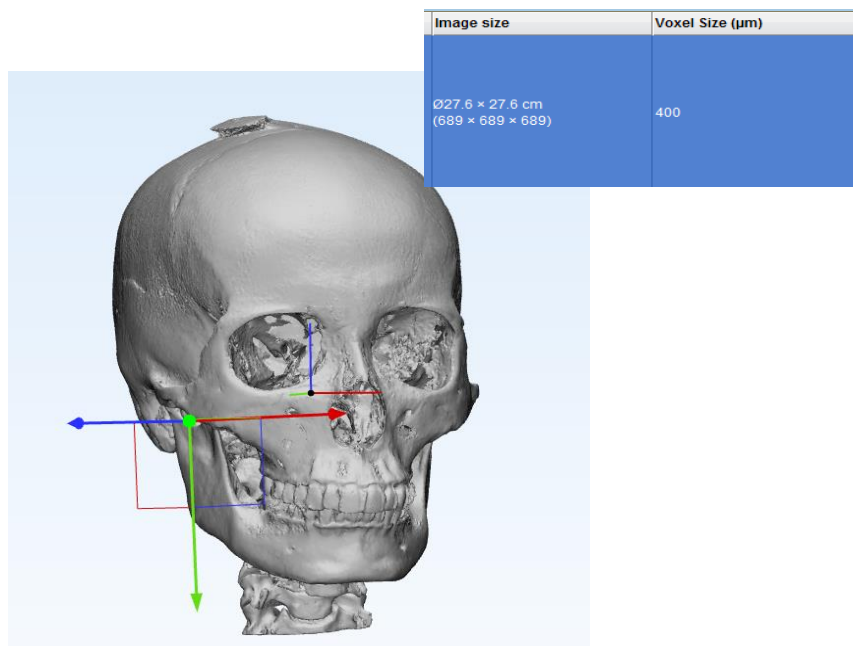


Рисунок 2.6 КПКТ черепа зроблене на апараті з FOV 27\*27 см<sup>2</sup>

Проте більшість КПКТ сканерів в клініках та діагностичних центрах мають датчики середнього FOV (8-10см<sup>2</sup>). Для максимальної інформативності знімків КПКТ та отримання основних анатомічних структур черепа для проведення подальшої діагностики та модифікації цефалометричного аналізу нами було запропоновано проведення класичного КПКТ ВЩ і НЩ та 2 СНЩС (лівого та правого) і об'єднанням їх в одне зображення, що дає змогу встановити остаточний діагноз, спрогнозувати лікування та налаштувати індивідуальні параметри в артикуляторі за середніми даними по скелетних класах та зменшити рентгенологічне навантаження на пацієнта. (рис. 2.7)

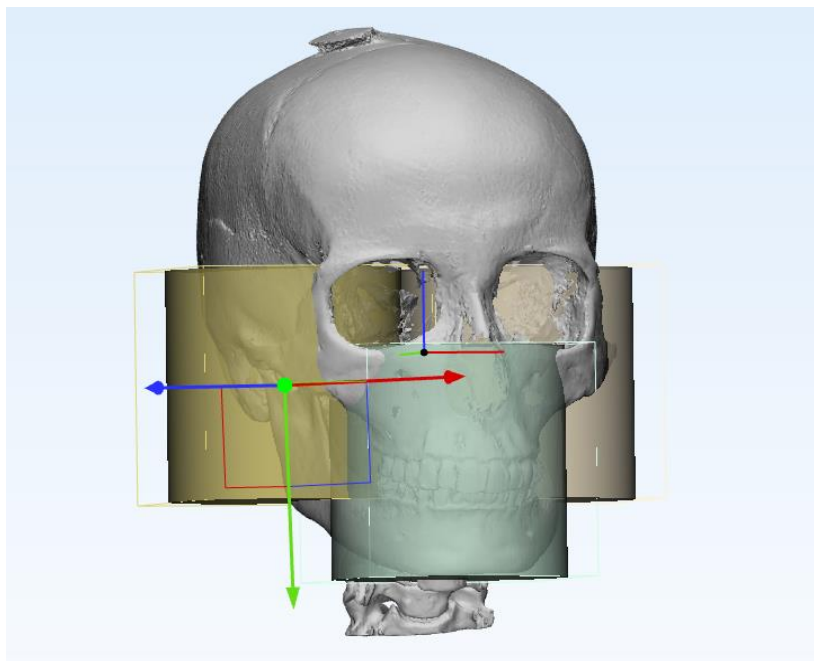


Рисунок 2.7 Об'ємна візуалізація захоплення анатомічних структур на черепі за допомогою проведення 3ДККТ 8\*8 см.

#### 2.4.1 3D цефалометричний аналіз

Цефалометричний аналіз є невід'ємною частиною планування ортодонтичного лікування. З розвитком технологій відбувся перехід від 2D до 3D, але, незважаючи на можливості сучасних комп'ютерних програм, вони несуть в собі ряд недоліків, які суттєво впливають на точність отриманих результатів та інтерпретацію даних.

Тому нами було запропоновано новий підхід до проведення цефалометричного аналізу на основі аналізу DICOM файлів (КПКТ в програмі ProPlan) та STL файлів (згенерований череп з об'єднаних КПКТ ВЩ і НЩ + суглоби).

3D цефалометричний аналіз проводився за розробленим нами методом DVB (Авторське право на літературний письмовий твір науково-практичного характеру «Новий 3D цефалометричний аналіз DVB, створений на основі даних КПКТ середнього поля зору (FOV) для дітей 7-12 років та його нормальні значення» №113194 від 06.06.2022р.) з певними модифікаціями для дорослих пацієнтів.

Метою нашої дисертаційної роботи була розробка бази цефалометричних норм, які можливо використовувати для планування ортогнатичної хірургії та ортодонтичного лікування пацієнтів. Нами проводились виміри черепів (48 КПКТ), відібраних на основі критеріїв включення, з двох баз КПКТ змінків «Добробут» 1676 (73%) та CLDN 629 (27%) на основі розробленого нами методу DVB+ та за стандартною методикою (McNamara, Stainer, Tweed, Ricketts) з використанням точок та площин наведених нижче в таблиці. 2.8

Таблиця 2.8

**Перелік анатомічних точок,  
включених до 3D цефалометричного аналізу DVB+**

То чка	Назва	Визначення
А	точка А (субспінале)	Найбільш ввігнута точка на верхній щелепі
В	точка В (супраментале)	найбільш ввігнута точка на передній поверхні нижньої щелепи
РоR	поріон	точка верхнього краю зовнішнього слухового проходу справа
РоL	поріон	точка верхнього краю зовнішнього слухового проходу зліва
OrL	орбітале	точка на нижньому

		краю орбіти зліва
OrR	орбітале	точка на нижньому краю орбіти справа
ANS	передня носова ость	точка на кінчику передньої носової ості
PtL	птеригомаксіляре	точка на місці виходу canalis ovale в крилопіднебінний простір зліва
PtR	птеригомаксіляре	точка на місці виходу canalis ovale в крилопіднебінний простір справа
CoL	конділіон	латеральна точка головки нижньої щелепи зліва
CoR	конділіон	латеральна точка головки нижньої щелепи справа
PMPl	точка на верхній щелепі по лінії A з ліва	ввігнутість на твердому піднебінні зліва
PMPr	точка на верхній щелепі по лінії A з права	ввігнутість на твердому піднебінні справа

ImL	антергоніум нижня	вирізка на тілі нижньої щелепи до переду від кута зліва
ImR	антергоніум нижня	вирізка на тілі нижньої щелепи до переду від кута справа
Me	ментон	сама нижня точка симфізу нижньої щелепи
UmR	антергоніум верхня	Вирізка на гілці нижньої щелепи до переду від кута справа
UmL	антергоніум верхня	Вирізка на гілці нижньої щелепи до переду від кута зліва
ArL	артікуляре	точка розміщена на шийці суглобового відростку нижньої щелепи зліва
ArR	артікуляре	точка розміщена на шийці суглобового відростку нижньої щелепи справа
ArU 1L	апекс верхнього різця	точка на верхівці кореня

		центрального різця на верхній щелепі зліва
ApU 1R	апекс верхнього різця	точка на верхівці кореня центрального різця на верхній щелепі справа
IsU 1L	точка верхнього центрального різця	точка на вершині ріжучого краю по середині клінічної коронки центрального різця на верхній щелепі зліва
IsU 1R	точка верхнього центрального різця	точка на вершині ріжучого краю по середині клінічної коронки центрального різця на верхній щелепі справа
ApU1	точка між апексами верхніх різців	медіана точка між верхівками коренів верхніх центрального різців
IsU1	точка між ріжучими краями верхніх різців	медіана точка між ріжучими краями центрального різців

		верхньої щелепи
IsL 1L	точка нижнього центрального різця	точка на вершині ріжучого краю по середині нижнього лівого центрального різця
IsL 1R	точка нижнього центрального різця	точка на вершині ріжучого краю по середині нижнього правого центрального різця
ApL 1L	апекс нижнього різця	точка на верхівці кореня лівого центрального різця на нижній щелепі
ApL 1R	апекс нижнього різця	точка на верхівці кореня правого центрального різця на верхній щелепі
ApL1	точка між апексами нижніх різців	медіана точка між верхівками коренів нижніх центральных різців
IsL1	точка між ріжучими краями нижніх різців	медіана точка між ріжучими краями центральных різців нижньої щелепи
SpBR	точка піднебінної	точка на



	кортикальної пластинки	кортикальній пластинці з піднебінної сторони на рівні цементно-емалевої межі першого верхнього моляра в проекції центра резистентності зуба
СрVL	точка піднебінної кортикальної пластинки	точка на кортикальній пластинці з піднебінної сторони на рівні цементно-емалевої межі першого верхнього моляра в проекції центра резистентності зуба
16		точка цементно- емалевої межі в проекції медіально- піднебінного горбика 1 верхнього правого

		моляра
26		точка цементно-емалевої межі в проекції медіально-піднебінного горбика 1 верхнього лівого моляра
MxR		найбільш виступаюча точка на горбі верхньої щелепи справа
MxL		найбільш виступаюча точка на горбі верхньої щелепи зліва
MxA		точка на передньому краю верхньої щелепи між центральними різцями, відповідає вершині міжзубної перегородки

Для проведення даного порівняння нами було додатково доставлено точки, які відсутні в аналізі DVB та проведені відповідно лінії і площини для визначення метричних та ангуляційних показників, які наведені в таблиці 2.9.

Таблиця 2.9

**Точки, лінії та площини, які використовувались в аналізі Down's  
McNamara, Stainer, Tweed, Ricketts**

То чка	Назва	Визначення
S	Sella	Геометричний центр турецького сідла
N	Nasion	Верхня середня точка фронтоназального шва
PNS	Posterior nasal spine	Задній кістковий виступ горизонтальної частини піднебінної кістки по середній лінії
GoL	Gonion left	Найбільш зовнішня точка кута нижньої щелепи сформованого тілом і гілкою зліва
GoR	Gonion right	Найбільш зовнішня точка кута нижньої щелепи сформованого

		тілом і гілкою справа
Pog	Pogonion	Найбільш передня точка підборідного виступу
PM	Protuberantia menti	Точка місце переходу підборідної заглиблення в підборідний виступ
XiL	Xi Left	Геометричний центр гілки нижньої щелепи
MoL	Molar left	Точка вестибулярно щічного горбика 36 зуба
MoR	Molar right	Точка вестибулярно щічного горбика 46 зуба

У таблиці 2.10 представлений перелік ліній, включених до модифікованого 3D цефалометричного аналізу DVB+ та аналізів McNamara, Stainer, Tweed, Ricketts.

Таблиця 2.10

**Лінії, які використовувались в аналізі DVB+ та Down's McNamara, Stainer, Tweed, Ricketts**

Назва лінії	Опис
A-B	Лінія між найбільш ввігнутою точкою на верхній щелепі та найбільш ввігнутою точкою на нижній щелепі
U1	Лінія (медіана) між верхівками коренів верхніх центральних різців (ApU1L/R) та вершинами ріжучих країв по середині верхніх центральних різців (IsU1L/R).
L1	Лінія (медіана) між верхівками коренів нижніх центральних різців (ApL1L/R) та вершинами ріжучих країв по середині клінічної коронки верхніх центральних різців (IsL1L/R).
A -FH	Перпендикуляр, опущений через точку А (найбільш ввігнута точка на передній поверхні верхньої щелепи) на франкфуртську площину
B- FH	перпендикуляр, опущений через точку В (найбільш ввігнута точка на передній поверхні нижньої щелепи) на франкфуртську площину
N-Pog	Лінія проведена від верхньої точка фронтоназального шва до найбільш випуклої точки на підборіді
PoL-OrL	Лінія проведена від найвищої точки

	зовнішнього слухового проходу зліва до найнижщої точки на нижньому краї орбіти зліва
PoR-OrR	Лінія проведена від найвищої точки зовнішнього слухового проходу справа до найнижщої точки на нижньому краї орбіти справа
GoL-Me	Лінія проведена від кута нижньої щелепи зліва до самої нижньої точки підборідного симфізу
GoR-Me	Лінія проведена від кута нижньої щелепи справа до самої нижньої точки підборідного симфізу
A-Pog	Лінія проведена від найглибшої точка на передньому краю верхньої щелепи до найбільш виступаючої точки на підборідді
N-A	Лінія проведена від верхньої точки фронтоназального шва до найбільш ввігнутої точки на передньому контурі нижньої щелепи
S-N	Лінія проведена від геометричного центра турецького сідла до верхньої точки фронтоназального шва
N-FH	Лінія перпендикуляр опущена на франкфуртську площину через точку назіон
AO	Лінія перпендикуляр через точку А на оклюзійну площину
BO	Лінія перпендикуляр через точку В на оклюзійну площину

У таблиці 2.11 представлений перелік площин, включених до модифікованого 3D цефалометричного аналізу DVB+.

Таблиця 2.11

**Площини, які використовувались в модифікованому аналізі DVB+**

Назва площини	Опис
Франкфуртська площина	площина яка побудована точками PoL та PoR та OrR
TVP (true vertical plane) Справжня вертикальна площина	площина, яка проходить через нижній край правої та лівої орбіти (OrL, OrR) та перпендикулярно до Франкфуртської площини.
Піднебінна площина	визначається через точки ANS та PMP1/r
Мандибулярна площина	визначається через точки ImL/R та точкою Me
Площина гілок НЩ	Площина яка утворена точками ArL,ArR та UmR
U1oj	Площина побудована через медіану точку яка розташована між ріжучими краями центральних різців верхньої щелепи і паралельна TVP, використовується для виміру OJ
L1oj	Площина побудована через медіану точку яка розташована між ріжучими краями центральних різців нижньої щелепи і паралельна TVP, використовується для виміру OJ

U1ob	Площина побудована через медіану точку яка розташована між ріжучими краями центральних різців верхньої щелепи і паралельна Франкфуртській, використовується для виміру OB
L1ob	Площина побудована через медіану точку яка розташована між ріжучими краями центральних різців нижньої щелепи і паралельна Франкфуртській, використовується для виміру OB
DOP	Зубна оклюзійна площина утворена 3 точками медіально щічним бугром 36 і 46 зубів і серединною точкою між 2 ріжучими краями 41 і 31 зубів.

Основні виміри, які проводились за допомогою 3D цефалометричного аналізу DVB+ (модифікованого для дорослих пацієнтів).

*Таблиця 2.12*

**Параметри, які визначались та вимірювались в 3D цефалометричному аналізі DVB+**

Назва параметру	Опис
<b>Лінійні параметри</b>	
A-TVP	відстань від найбільш ввігнутої точки на передній поверхні верхньої щелепи до площини TVP
B-TVP	відстань від найбільш ввігнутої точки на передній поверхні нижньої щелепи до



	площини TVP
A-B-FH (Witts)	відстань між перпендикулярами опущеними через точку А та В до франкфуртської площини
OB(over byte)	Вертикальне перекриття різців
OJ (over jet)	Сагітальне перекриття різців
FH-Me	Висота обличчя, відстань від франкфуртської площини до Mention
ANS-MP	Відстань від точки ANS до мандибулярної площини
CoR-TVP	Відстань від суглобової головки справа до площини TVP
CoL-TVP	Відстань від суглобової головки зліва до площини TVP
ArL-UmL	Довжина лівої гілки НЩ
ArR-UmR	Довжина правої гілки НЩ
ImL-Me	Довжина тіла нижньої щелепи зліва
ImR-Me	Довжина тіла нижньої щелепи справа
PoL-OrL	Відстань від зовнішнього слухового проходу зліва до нижнього краю орбіти зліва
PoR-OrR	Відстань від зовнішнього слухового проходу справа до нижнього краю орбіти справа
MxR-MxA	Відстань від горба верхньої щелепи справа до точки вершини міжзубної перегородки між різцями на верхній щелепі
MxL-MxA	Відстань від горба верхньої щелепи зліва

	до точки вершини міжзубної перегородки між різцями на верхній щелепі
<b>Кутові параметри</b>	
AB-FH	Кут між лінією АВ та франкфуртською площиною
FH-MP	Кут між франкфуртською площиною та мандибулярною
Go	Кут між тілом та гілкою нижньої щелепи
II	Міжрізцевий кут
FH-PP	Кут між франкфуртською та піднебінною площиною
DOP-FH	Кут між зубною оклюзійною площиною та франкфуртською площиною

Сагітальні, вертикальні та денціальні параметри, що визначались та вимірювались у модифікованому 3D цефалометричному аналізі DVB+ представлені в таблицях 2.13, 2.14, 2.15.

Таблиця 2.13

**Сагітальні параметри які визначались та вимірювались в аналізі  
DVB+**

Назва параметра	Опис
A-TVP (DVB plane) (метричний)	Відстань від точки А до площини TVP, вказує на ретро- про- або нормогнатію
B- TVP (DVB plane) (метричний)	Відстань від точки В до площини TVP, вказує на ретро- про- або нормогенію
AB-FH (ангуліційний)	Кут між лінією утвореною точками А-В до Франкфурської площини
Witts	Число Witts

Таблиця 2.14

**Вертикальні параметри, які визначались та вимірювались в аналізі DVВ+**

MP-FH	Кут між мандибулярною площиною(Me-AnterGoBL антергоніальна точка на тілі нщ зліва і справа) та франкфурською
Or-MP/ANS-MP	Співвідношення між висотою від орбіти до PP і від ANS до Me
Go	Кут між гілками НЩ та мандибулярною площиною
FH-Me	Висота обличчя, відстань від франкфуртської площини до точки Me
ANS-MP	Відстань від точки ANS до мандибулярної площини
FH-PP	Кут між піднебінною площиною та франкфуртською

Таблиця 2.15

**Дентальні праметри, які вимірювались та визначались в методі DVB+**

II	Міжрізевий кут
OJ	Сагітальна щілина між різцями
OB	Вертикальне перекриття
II	Міжрізцевий кут
U1-FH	Кут нахилу верхнього різця до франкфурської горизонталі
L1-FH	Кут нахилу нижнього різця до франкфуртської горизонталі
16-26	Ширина верхньої щелепи між медіально-піднебінними буграми 16 і 26 зубів
SpR-SpL	Шарина верхньої щелепи між кортикальними пластинками з піднебінної сторони на рівні 16 і 26 зубів

За допомогою цефалометричного аналізу DVB+ маємо можливість визначити і виміряти метричні показники overbite та overjet (надалі OB, OJ).

OJ - сагітальна відстань між вестибулярною поверхнею нижніх різців та ріжучим краєм верхніх різців.

OB - вертикальна відстань між ріжучим краєм нижніх різців та верхніх

різців. Схематичне зображення ОВ та ОJ на рисунку 2.8

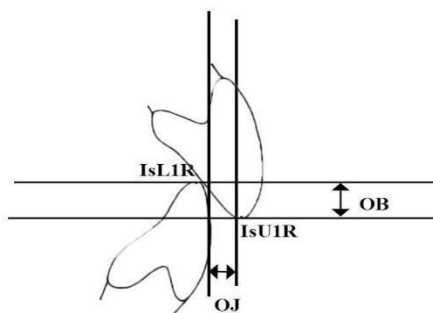


Рисунок 2.8 Схематичне зображення ОJ та ОВ

Для визначення ОJ проводилось 2 площини, паралельні TVP через точки U1 (яка є медіаною між точками IsU1R, IsU1L) та точкою L1 (яка є медіаною між точкою IsL1R, IsL1L), схематично зображено на рисунку 2.9.

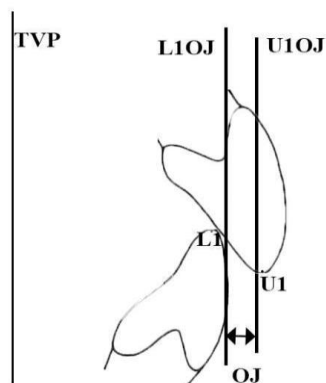


Рисунок 2.9 Схематичне зображення визначення ОJ

Для ОВ проводились тільки горизонтальні лінії через U1 та L, які були паралельні франкфуртській горизонталі. (рис 2.10)

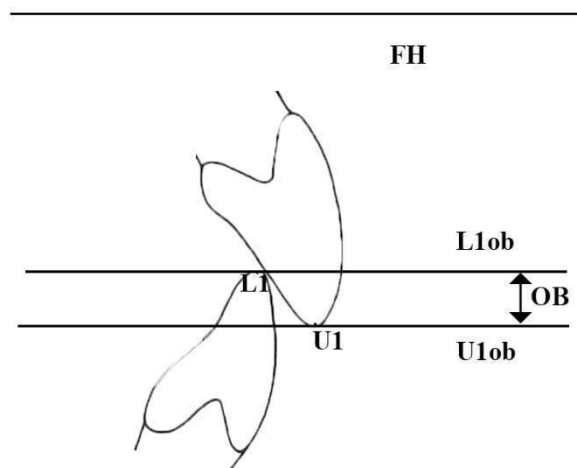


Рисунок 2.10 Схематичне зображення визначення OB

Для визначення параметрів OB та OJ на 3D цефалометрії необхідні точки IsU1L, IsU1R, IsL1L, IsL1R, PoL, PoR, OrL, OrR з них визначаються медіана точка U1 та L1 та будуються площини TVP, FH, U1ob, U1oj, L1ob, L1oj, а потім вимірюється відстані між U1ob-L1ob, U1oj-L1oj (рис. 2.11)

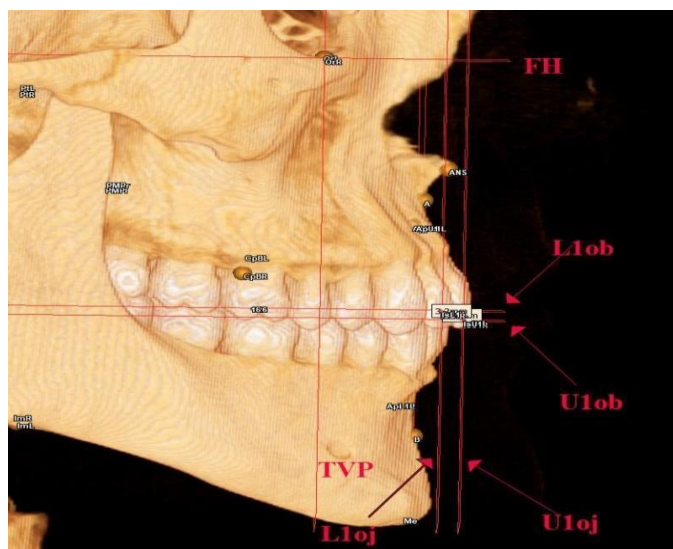


Рисунок 2.11 КПКТ зображення з площинами та точками для параметрів OB та OJ

При визначенні точки Go і відповідно гоніального кута нами використовувалось визначення Ricketts (1989) - що це точка пересічення

площини нижньої щелепи і гілок. Для побудови площини в 3D цефалометрії необхідно 3 точки, відповідно для площини нижньої щелепи: Me, ImR, ImL (точки Im - ставляться перед початком антергоніальної вирізки) та для площини гілок ArR, ArL, UmR (ставиться теж на вирізку, але на гілці нижньої щелепи) як показано на рисунку 2.12.

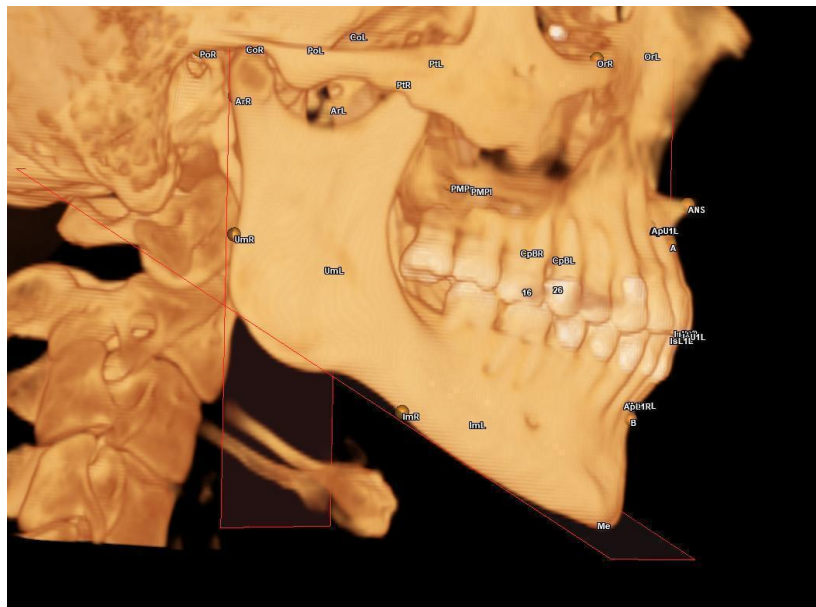


Рисунок 2.12 КПКТ зображення з точкою Go за Ricketts

Для налаштування ідивідуальних параметрів артикулятора, таких як сагітальний суглобовий шлях (SCI), трансверзальний суглобовий шлях (ТСІ) для різних скелетних класів за Енлем (I,II,III) ми використовували параметри наведені в таблиці нижче.



Таблиця 2.16

**Ідивідуальні параметри налаштування SCI та TCI для пацієнтів з різними скетеними сагітальними класами.**

сагітальний суглобовий шлях (SCI) для лівого суглоба						
Клас	N	Min	Медіана	Середнє	Max	SD
Всі	75	32	50.0	49.2	70	8.5
I	23	32	51.5	51.0	70	7.9
II	29	39	52.0	51.8	70	7.6
III	23	32	42.5	43.6	61	8.1
сагітальний суглобовий шлях (SCI) для правого суглоба						
Всі	75	24	50	49.7	70	9.3
I	23	40	52	52.2	70	6.7
II	29	28	52	51.8	70	9.2
III	23	24	41	44.2	64	9.7
трансверзальний суглобовий шлях (TCI) для лівого суглоба						
Всі	75	0	3.0	4.1	18	4.6
I	23	0	5.5	6.0	17	5.0
II	29	0	3.0	3.2	16	3.6
III	23	0	2.0	3.6	18	5.1
трансверзальний суглобовий шлях (TCI) для правого суглоба						
Всі	75	0	2	4.3	22	5.2
I	23	0	3	5.2	22	6.0
II	29	0	2	4.1	15	5.1
III	23	0	2	3.6	16	4.5

(\*дані взяті з дослідження опублікованого в статті Lewandowska A., та співавт. 2022) [72].

## 2.5 Аналіз оклюзії

Після проведення всіх етапів діагностики нами проводився аналіз контактних точок в сагітальній та вертикальній площині з даних отриманих з віртуального артикулятора.

Для аналізу контактів в сагітальній площині нами був запропонований метод «W зон», який базується на анатомо-фізіологічних особливостях

морфологічної оклюзійної поверхні молярів і премолярів до розподілу навантаження, яке виникає під час жування.

### 2.5.1. Мікроанатомія оклюзійної поверхні

Для розуміння методу «W зон», потрібно знати мікроанатомію оклюзійної поверхні та закони фізіології біомеханіки рухів нижньої щелепи.

На основні анатомічні утворення - горбки, краєві валики та фісури потрібно дивитись під ракурсом функціональних зон (площинне співвідношення робочих та балансуєчих бугрів на оклюзійній поверхні) та під геометричним кутом – де бугри нами розглядалися як пірамідальне утворення.

Горбки премолярів і молярів анатомічно поділяються на вестибулярні та піднебінні (язикові), а функціонально - на робочі (опорні) та балансуєчі (захисні).

Мікроанатомічно в горбиках можна виділити вершину, валики та скати

Рис 2.14

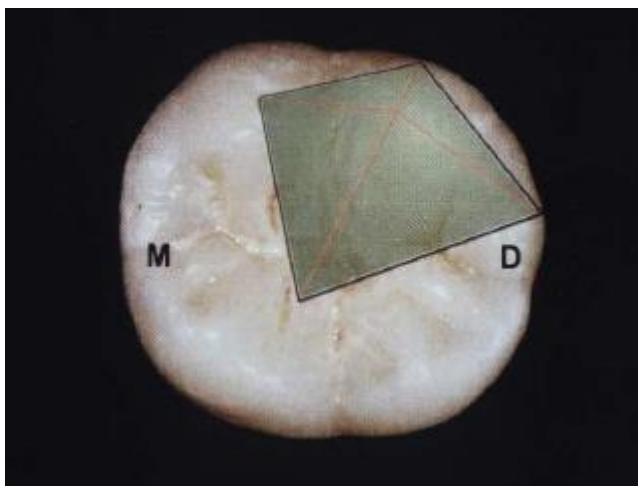


Рисунок 2.14 Геометричний підхід до аналізу мікроанатомії оклюзійної поверхні 46 зуба

Валики бугрів премолярів та молярів поділяються на: поперечні (зовнішні та внутрішні) та повздовжні (медіальні та дистальні), а скати – медіальні (зовнішні та внутрішні) і дистальні (зовнішні та внутрішні). Рис

## 2.15

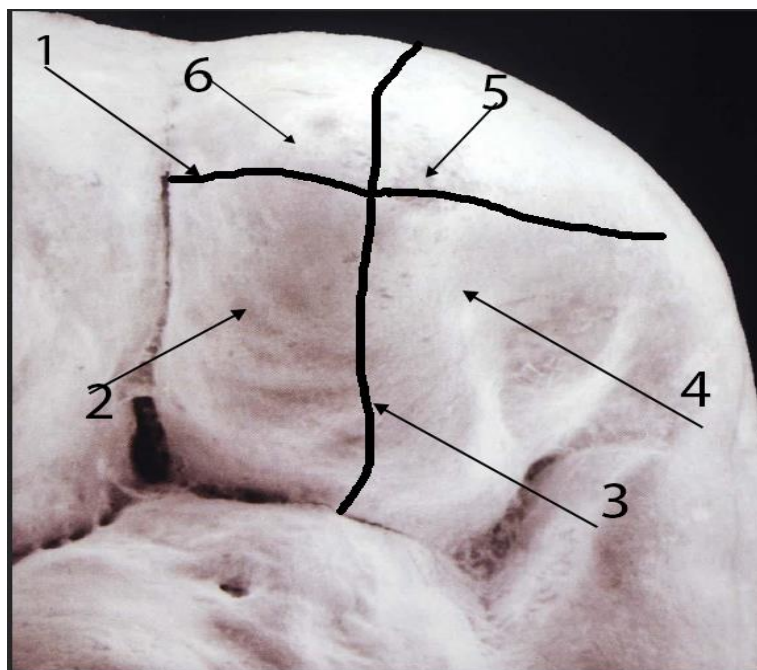
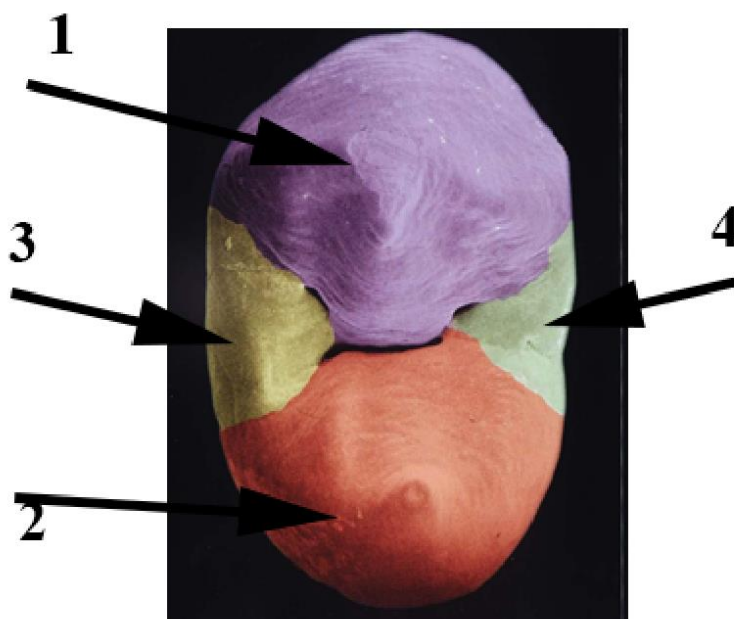


Рисунок 2.15 Макропроекція дистально-вестибулярного горбика 47 зуба з мікроанатомічним аналізом. 1 - повздовжні валики, 3 – поперечні валики, 2 – медіально внутрішній(оклюзійний) скат, 4- дистально внутрішній (оклюзійний) скат, 5- дистально зовнішній (вестибулярний) скат, 6- медіально зовнішній (вестибулярний) скат

Площинний аналіз оклюзійної поверхні включає співвідношення між різними анатомічними утвореннями, наприклад, премоляри верхньої щелепи мають 4 основні анатомічні утворення: 2 горбика -вестибулярний та піднебінний та 2 краєвих валика - медіальний та дистальний, що показано на Рис 2.16



в

Рисунок 2.16 Співвідношення між анатомічними утвореннями на оклюзійній поверхні премоляра верхньої щелепи: 1- вестибулярний бугор, 2 - піднебінний бугор, 3 - медіальний краєвий валик, 4 -дистальний краєвий валик.

Важливим етапом розуміння методу «W зон» є знання варіантів контактів зубів, які можна зареєструвати в пацієнта при 1 класі за Енглем: 1.Фісурно-горбикові 2. Горбиково- маргінально-гребневі (краєві валики) Рис 2.17, Рис 2.18

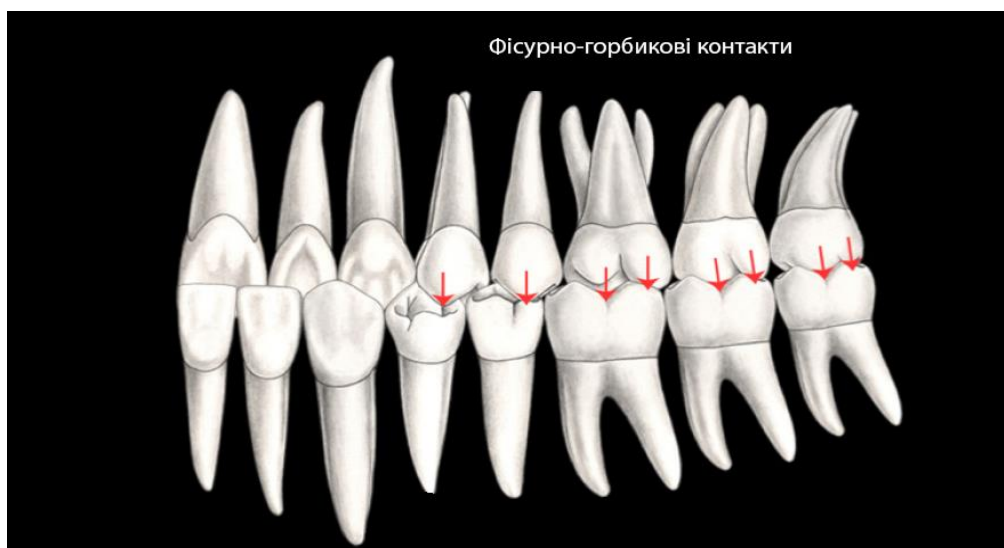


Рисунок 2.17 Фісурно-горбикові контакти з внутрішньої сторони

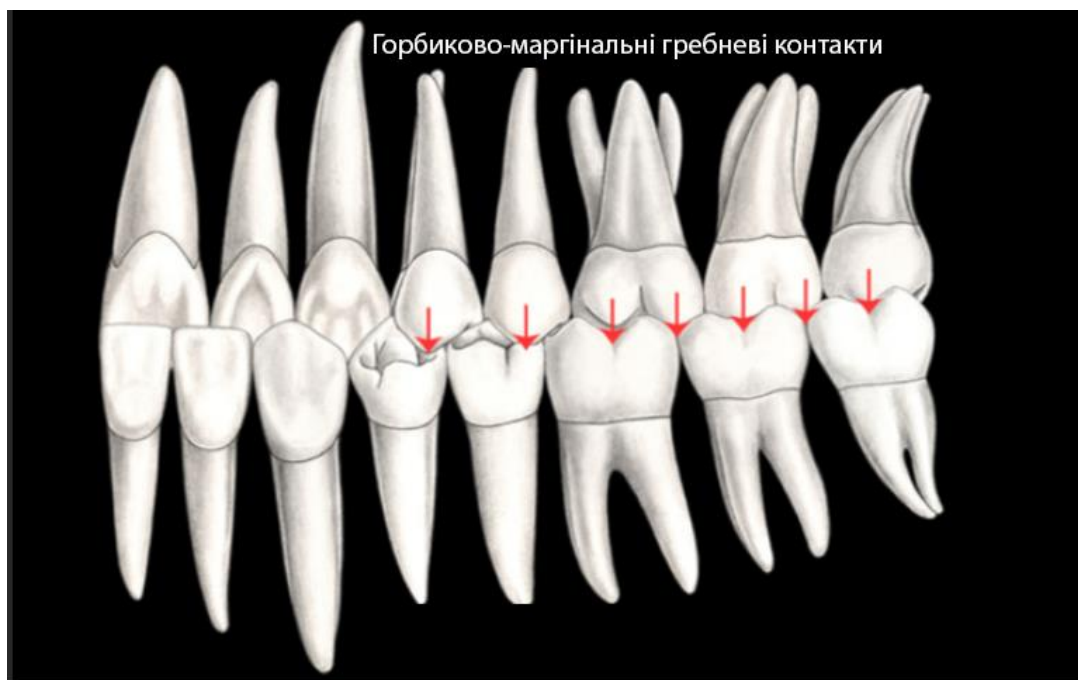


Рисунок 2.18 Горби́ково- ма́ргіна́льно гребневі контакти з внутрішньої сторони

При реєстрації прикусу в пацієнтів з 1 класом за Енглем нами спостерігалось два варіанта змикання зубів верхньої та нижньої щелепи: 1— коли зуб мав 2 анагоніста, 2- лише 1 антагоніст, як показано на прикладі Рис.2.19

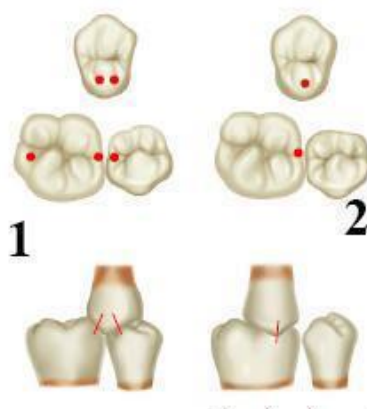


Рисунок 2.19 Варіанти контактів 15 зуба: 1- контактує з 46 і 45 зубом, 2 - коли тільки з 46

В своїй роботі, при створенні методу аналізу оклюзії «W зон», ми

дотримувались другого варіанту контактів зубів, коли зуби мають лише 1 антагоніст.

При клінічному обстеженні з 217 (100%) було 25 (11%) пацієнтів з 1 класом по Енглу за допомогою копірувального паперу нами реєструвались наступні оклюзійні співвідношення зубів верхньої та нижньої щелепи (Рис 2.20):

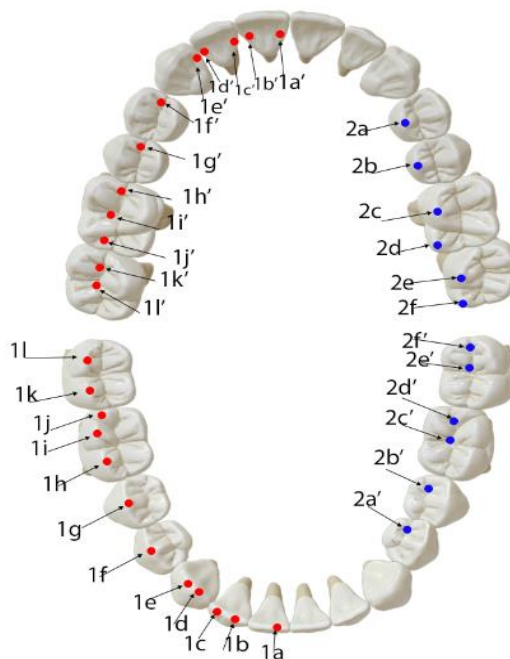


Рисунок 2.20 Схематичне зображення статичних оклюзійних контактів у пацієнтів з 1 класом за Енглем

Центричні контакти (червоний колір):

1a-1a` - нижній центральний різець контактує з медіальним піднебінним валиком верхнього центрального різця;

1b-1b` - нижній латеральний різець контактує з дистальним піднебінним валиком верхнього центрального різця;

1c-1c` - нижній латеральний різець контактує з медіальним піднебінним валиком верхнього латерального різця;

1d-1d` - ікло нижньої щелепи медіальним скатом рвучого горбика контактує з дистальним піднебінним валиком верхнього латерального різця;

1e-1e` - ікло нижньої щелепи дистальним скатом рвучого горбика контактує з медіальною фасеткою піднебінної поверхні верхнього ікла;

1f-1f` - нижній перший премоляр щічним (вестибулярним) бугром контактує з медіальним краєвим валиком верхнього першого премоляра;

1g-1g` - нижній другий премоляр щічним (вестибулярним) бугром контактує з медіальним краєвим валиком верхнього другого премоляра;

1h-1h` - нижній перший моляр медіально-щічним бугром контактує з медіальним краєвим валиком верхнього першого моляра;

1i-1i` - нижній перший моляр дистально-щічним бугром контактує з центральною фісурою першого верхнього моляра;

1j-1j` - нижній перший моляр дистальним бугром контактує з дистальним краєвим валиком першого моляра верхньої щелепи;

1k-1k` - нижній другий моляр медіально-щічним бугром контактує з медіальним краєвим валиком верхнього другого моляра;

1l-1l` - нижній другий моляр дистально-щічним бугром контактує з центральною фісурою другого верхнього моляра.

Утримуючі контакти:

2a-2a` - верхній перший премоляр піднебінним бугром контактує з дистальним краєвим валиком нижнього першого премоляра;

2b-2b` - верхній другий премоляр піднебінним бугром контактує з дистальним маргінальним гребенем нижнього другого премоляра;

2c-2c` - верхній перший моляр медіально-піднебінним бугром контактує з медіальним скатом дистально-язикового горбика нижнього першого моляра;

2d-2d` - верхній перший моляр дистально-піднебінним бугром контактує з дистальним краєвим валиком нижнього першого моляра;

2e-2e` - верхній другий моляр медіально-піднебінним бугром контактує з медіальним скатом дистально-язикового горбика нижнього другого моляра;

2f-2f` - верхній другий моляр дистально-піднебінним бугром контактує з дистальним краєвим валиком другого нижнього моляра.

На основі отриманих даних, нами було розроблено практичний метод аналізу оклюзії на премолярах та молярах - «W метод». Метод базується на поділі оклюзійної поверхні на зони за допомогою ліній, проведених через скати бугрів до фісур, які виходять на вестибулярну і оклюзійну поверхню, поділяючи зуб на 3 зони:

1 зона – функціональна - в нормі повинні бути контактні точки;

2 зона – зона центру премолярів, де можуть бути контактні точки, при зміщенні нижньої щелепи дистально або мезіально від 1-3мм, зона анатомічно не адаптована до навантаження, яке виникає під час жування;

3 зона – місце, де в нормі не повинно бути контактних точок;

На рис.2.21 детально представлено побудова W зон по лініях для 14-24 зубів:

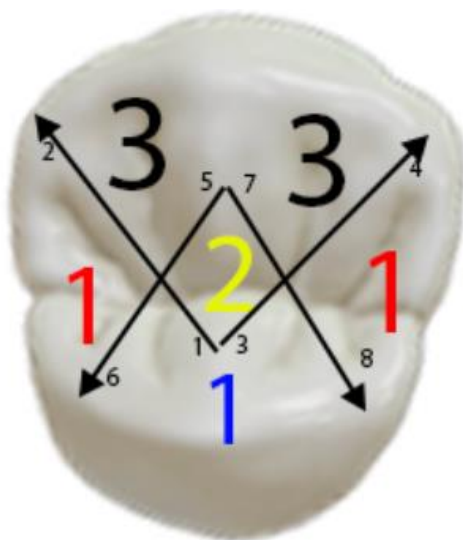


Рисунок 2.21 W зони для 14-24 зубів

Лінії на 14-24 зубі проводяться наступним чином:

Лінія 1-2: з середини повздовжнього оклюзійного валика піднебінного горбика через медіальний додатковий валик вестибулярного горбика назовні;

Лінія 3-4: з середини повздовжнього оклюзійного валика піднебінного горбика через дистальний додатковий валик вестибулярного горбика назовні;



Лінія 5-6: з середини повздовжнього оклюзійного валика вестибулярного горбика через медіальний додатковий валик піднебінного горбика назовні;

Лінія 7-8: з середини повздовжнього оклюзійного валика вестибулярного горбика через дистальний додатковий валик піднебінного горбика назовні;

1 зона (червона) – місце розташування центричних контактних точок;

1 зона (синя) – місце розташування утримуючих контактних точок;

2 зона (жовта) – центральна фісура, місце, де може бути контактна точка при дистальному або мезіальному прикусах, при зміщенні нижньої щелепи від 1-3мм відповідно;

3 зона (чорна) – місце, де в нормі не повинно бути контактних точок.

На Рис.2.22 представлено побудова W зон по лініях для 15-25 зубів:

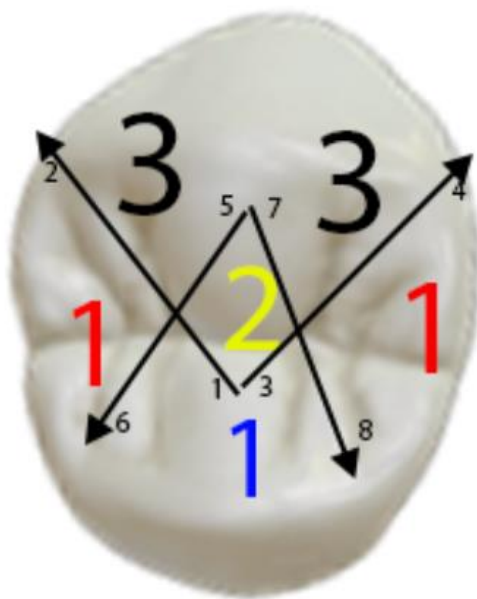


Рисунок 2.22 W зони для 15-25 зубів

1 зона (червона) – місце розташування центричних контактних точок;

1 зона (синя) – місце розташування утримуючих контактних точок;

2 зона (жовта) – центральна фісура, місце, де може бути контактна точка при дистальному або мезіальному варіанті прикусу, при зміщенні нижньої

щелепи від 1-3мм мезіально або дистально;

3 зона (чорна) – місце, де не повинно бути в нормі контактних точок, можливо тільки при звуженні верхньої щелепі або при перехресному прикусі.

Лінії на 15-25зубі проводяться наступним чином:

Лінія 1-2: з середини повздовжнього оклюзійного валика піднебінного горбика через медіальний додатковий валик вестибулярного горбика назовні;

Лінія 3-4: з середини повздовжнього оклюзійного валика піднебінного горбика через дистальний додатковий валик вестибулярного горбика назовні;

Лінія 5-6: з середини повздовжнього оклюзійного валика вестибулярного горбика через медіальний додатковий валик піднебінного горбика назовні;

Лінія 7-8: з середини повздовжнього оклюзійного валика вестибулярного горбика через дистальний додатковий валик піднебінного горбика назовні;

Окклюзійна поверхня ділиться на зони за допомогою ліній, проведених через скати бугрів до фісур, які виходять на вестибулярну і оклюзійну поверхню тим самим поділяючи зуб на 3 зони:

1 зона –функціональна, де в нормі повинні бути контактні точки;

2 зона – зона центру премолярів, де також можуть бути контактні точки, але зона анатомічно не адаптована до навантаження;

3 зона – опорні бугри та їх скати, місце, де контактів не повинно бути.

Для побудови «W зон» для молярів використовуються додаткові паралельні лінії через складність анатомічної будови оклюзійної поверхні.

На прикладі показаному нижче Рис 2.23 побудова W зон для 16-26 зуба.

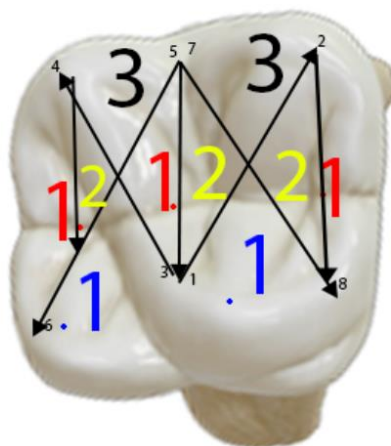


Рисунок 2.23 W зони для 16 зуба

1 зона (червона) – місце розташування центричних контактних точок - 2 маргінальних гребеня та медіальних схили косої лінії, утвореної дистальним валиком медіально-піднебінного горбика та внутрішнім повздожним валиком дистально-щічного горбика;

1 зона (синя) – місце розташування утримуючих контактних точок вершини піднебінних бугрів;

2 зона (жовта) – схили валиків – дистальний схил косої лінії, медіальний та дистальний схил повздожнього валика медіально-щічного горбика;

3 зона (чорна) – балансуєчі бугри, місце, де контактів не повинно бути.

Лінії на 16-26 зуби приводяться наступним чином:

1-2 лінія – від вершини дистально-піднебінного ската медіально-піднебінного горбика до вершини медіально-щічного горбика;

3-4 лінія - від вершини дистально-піднебінного ската медіально-піднебінного горбика до вершини дистально-щічного горбика;

5-6 лінія – від поперечної цетральної оклюзійної фісури, в місці переходу на вестибулярну поверхню, до вершини дистально-піднебінного горбика;

7-8 лінія - від поперечної цетральної оклюзійної фісури, в місці переходу

на вестибулярну поверхню, до вершини медіального валика медіально-піднебінного горбка.

Додатково проводяться 3 перпендикулярні лінії, які паралельні між собою 2-8, 5-1, 4-6.

Для 17-27 зуба побудова W зон проводиться наступним чином, як показано на прикладі Рис 2.24

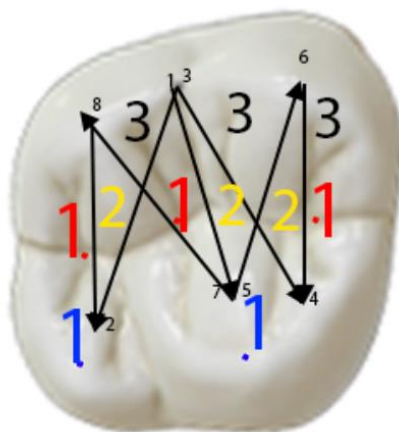


Рисунок 2.24 W зони для 17 зуба

1 зона (червона) – місце розташування центричних контактних точок -  
2 маргінальних гребеня та центральна фісура;

1 зона (синя) – місце розташування утримуючих контактних точок;

2 зона (жовта) – схили валиків, місця можливих контактів при  
дистальному або мезіальному зміщенні нижньої щелепи;

3 зона (чорна) – балансує бугри, місце, де контактів не повинно бути.

Лінія 1-2 проводиться від поперечної фісури, місце виходу на  
вестибулярну поверхню, до середини повздовжнього скату дистально-  
піднебінного горбика;

Лінія 3-4 проводиться від поперечної фісури, місце виходу на  
вестибулярну поверхню, до вершини додаткового медіального валика на  
медіально-піднебінному горбку;

Лінія 5-6 проводиться від середини скату медіально-піднебінного горбика до вершини медально-щічного горбика;

Лінія 7-8 проводиться від середини скату медіально-піднебінного горбика до вершини дистально-щічного горбика.

Для побудови зони 2 необхідно об'єднати 6-4, 3-5 та 8-2, щоб утворити лінії.

Метод побудови W зон для зубів нижньої щелепи аналогічно верхній, по анатомічним утворенням оклюзійної поверхні проводяться лінії.

Для зубів 34-44, як показано на Рис 2.25, побудова W зон проводиться наступним чином:



Рисунок 2.25 W зони на 34 зубі

1 зона (червона) – місце розташування центричних контактних точок;

1 зона (синя) – місце розташування утримуючих контактних точок;

2 зона (жовта) – центральна фісура, місце, де може бути контактна точка при дистальному або мезіальному варіанті прикусу, при зміщенні нижньої щелепи від 1-3мм відповідно;

3 зона (чорна) – зона, де не повинно бути в нормі контактних точок, можливо тільки при звуженні верхньої щелепи або при перехресному прикусі.

Лінії на 34-44 зубі проводяться наступним чином:

Лінія 1-2: з середини повздовжнього оклюзійного валика язикового горбика через медіальний додатковий валик вестибулярного горбика назовні;

Лінія 3-4: з середини повздовжнього оклюзійного валика язикового горбика через дистальний додатковий валик вестибулярного горбика назовні;

Лінія 5-6: з середини повздовжнього оклюзійного валика вестибулярного горбика через медіальний додатковий валик язикового горбика назовні;

Лінія 7-8: з середини повздовжнього оклюзійного валика вестибулярного горбика через дистальний додатковий валик язикового горбика назовні.

Для зубів 35-45 побудова W зон відбувається наступним чином, як показано на Рис.2.26.



Рисунок 2.26 W зони для 35 зуба

1 зона (червона) – місце розташування центричних контактних точок;

1 зона (синя) – місце розташування утримуючих контактних точок;

2 зона (жовта) – центральна фісура, місце, де може бути контактна точка при дистальному або мезіальному варіанті прикусу, при зміщенні нижньої щелепи від 1-3мм відповідно;

3 зона (чорна) – зона, де не повинно бути в нормі контактних точок, можливо тільки при звуженні верхньої щелепи або при перехресному прикусі.

Лінії на 34-44 зубі проводяться наступним чином:

Лінія 1-2: з міжгорбикової фісури через медіальний язиковий горбик

назовні до медіального скату вестибулярного горбика;

Лінія 3-4: з міжгорбикової фісури через медіальний язиковий горбик назовні до дистального скату вестибулярного горбика;

Лінія 5-6: з середини повздовжнього оклюзійного валика вестибулярного горбика через медіальний язиковий горбик назовні до його вершини;

Лінія 7-8: з середини повздовжнього оклюзійного валика вестибулярного горбика через дистальний язиковий горбик назовні до його вершини.

Для зубів 36-46 побудова W зон відбувається наступним чином, як показано на Рис.2.27.

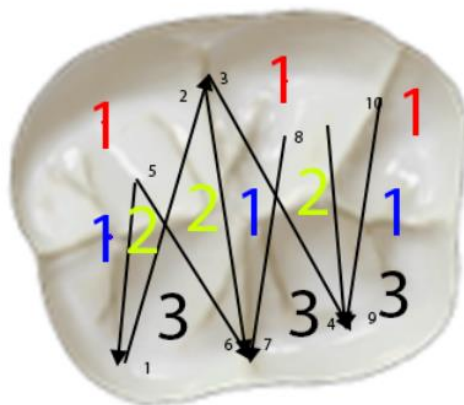


Рисунок 2.27 W зони для 36 зуба.

1 зона (червона) – місце розташування центричних контактних точок;

1 зона (синя) – місце розташування утримуючих контактних точок;

2 зона (жовта) – центральна фісура, місце, де може бути контактна точка при дистальному або мезіальному варіанті прикусу, при зміщенні нижньої щелепи від 1-3мм відповідно;

3 зона (чорна) – зона, де не повинно бути в нормі контактних точок, можливо тільки при звуженні верхньої щелепи або при перехресному прикусі.

Лінія 1-2 – з вершини медіального язикового горбика до міжгорбикової

вестибулярної фісури між мезіальним та дистально-щічним горбиком;

Лінія 3-4 - з вершини дистального язикового горбика до міжгорбкової вестибулярної фісури між мезіальним та дистально-щічним горбиком;

Лінія 5-6 – з середини центрального оклюзійного валика мезіально щічного горбика до міжгорбкової фісури між мезіальним язиковим та дистально-язиковим горбиком;

Лінія 7-8 – з середини центрального оклюзійного валика дистального щічного горбика до міжгорбкової фісури між мезіальним язиковим та дистально-язиковим горбиком;

Лінія 9-10 – з вершини дистального язикового горбика до міжгорбкової вестибулярної фісури між дистально-щічним горбиком та дистальним горбиком.

Додаткові лінії 5-1 та бісектриса між лініями 3-4 та 9-10.

Для зубів 37-47 побудова W зон відбувається наступним чином, як показано на Рис.2.28.

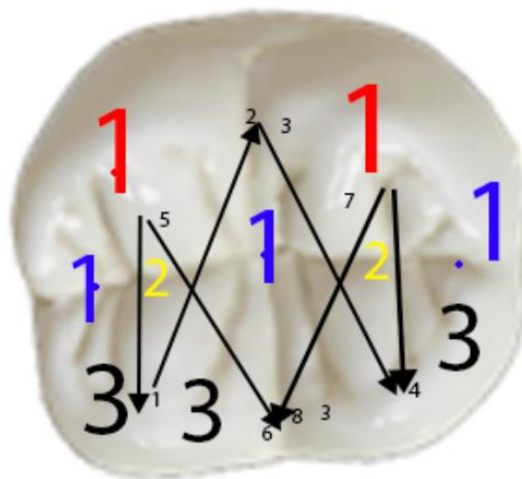


Рисунок 2.28 W зони для 37 зуба

1 зона (червона) – місце розташування центричних контактних точок;

1 зона (синя) – місце розташування утримуючих контактних точок;

2 зона (жовта) – центральна фісура, місце, де може бути контактна точка при дистальному або мезіальному варіанті прикусу, при зміщенні нижньої



щелепи від 1-3мм відповідно;

3 зона (чорна) – зона, де не повинно бути в нормі контактних точок, можливо тільки при звуженні верхньої щелепи або при перехресному прикусі.

Лінія 1-2 з вершини медіального язикового горбика до міжгорбкової вестибулярної фісури між мезіальним та дистальним щічним горбиком;

Лінія 3-4 з вершини дистального язикового горбика до міжгорбкової вестибулярної фісури між мезіальним та дистально-щічним горбиком;

Лінія 5-6 з середини центрального оклюзійного валика мезіально-щічного горбика до міжгорбкової фісури між мезіальним язиковим та дистально-язиковим горбиком;

Лінія 7-8 з середини центрального оклюзійного валика дистального щічного горбика до міжгорбкової фісури між мезіальним язиковим та дистально-язиковим горбиком.

Додатково проводиться 2 лінії 1-5 та 4-7.

Для аналізу контактів в трансверзалі був запропонований метод, де зуби ділились на зони 1-2 (1- функціональні та 2 захисні бугри і зони а-внутрішня поверхня та б- зовнішня), як показано на рис.2.29.

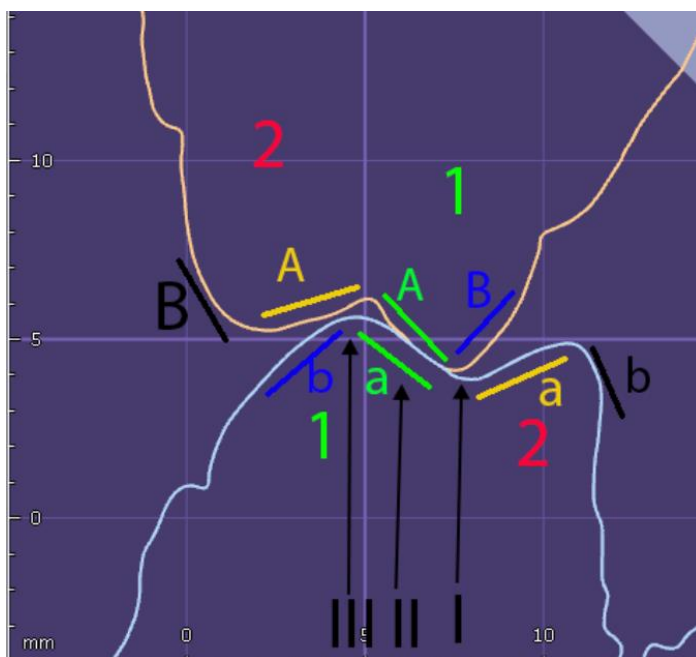


Рисунок 2.29 Схематичне зображення аналізу контактів в трансверзальній площині

1A (зелений колір) – внутрішня поверхня піднебінних бугрів;

1a (зелений колір) - внутрішня поверхня нижніх щічних бугрів;

1B (синій колір) – зовнішня поверхня ПБ;

1b (синій колір) – зовнішня поверхня ЩБ нижніх;

2A (жовтий колір) – внутрішня поверхня захисних бугрів верхніх щічних;

2a (жовтий колір) – внутрішня поверхня захисних бугрів нижніх язикових;

2B (чорний колір) зовнішня поверхня захисних бугрів верхніх щічних;

2b (чорний колір) зовнішня поверхня захисних бугрів нижніх язикових.

Для зручності аналізу положення контактної точки відносно вершини горбика було додано до пунктів I, II, III.

I - фісурний контакт;

II - контакт горбика і ската гребеня горбика;

III - контакт бугорково-бугорковий.

Контакт піднебінного горбика, який представлений на Рис.2.29 можна записати як -1AII.

## РОЗДІЛ 3. РЕЗУЛЬТАТИ ВЛАСНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ

### 3.1 Нормативні параметри цефалометричного аналізу

У ході виконання дисертаційної роботи нами було відібрано 48 КПКТ зображень черепів для формування референтних норм, що відповідали критеріям включення та виключення. Мета цього дослідження - проведення цефалометричного аналізу КПКТ черепів за загальноприйнятими методиками (Down's, Tweed, McNamara, Ricketts, Steiner) та зменшити поле зору (FOV) з великого до середнього, на основі референтних площин запатентованого нами аналізу (Авторське право на літературний письмовий твір науково-практичного характеру «Новий 3D цефалометричний аналіз DVB, створений на основі даних КПКТ середнього поля зору (FOV) для дітей 7-12 років та його нормальні значення» № 113194 від 06.06.2022р). Схематичний вигляд аналізу середнього поля зору (FOV) представлено на рисунку 3.1

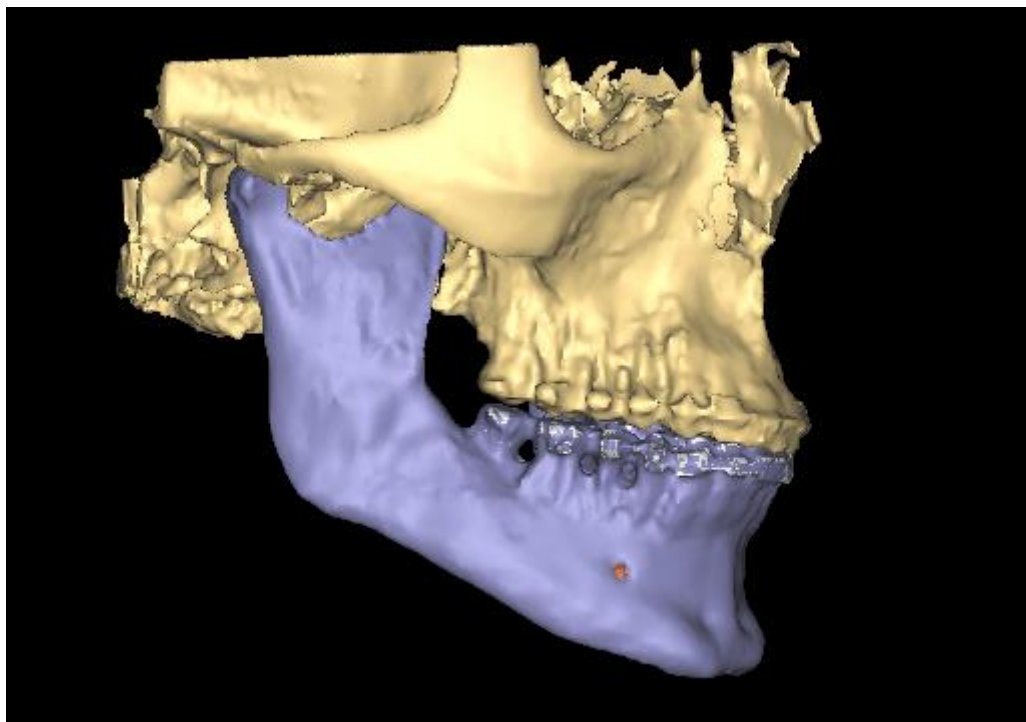


Рисунок 3.1 FOV середнього поля зору

Головна задача нашого дослідження – розробка максимально інформативного 3D цефалометричного аналізу, який можна впровадити в

повсякденну практичну діяльність лікарів для легкої систематизації отриманих даних та планування подальшого лікування, та який зменшить рентгенологічне навантаження для пацієнта.

Для виконання поставленої мети нами було проведено декілька етапів цефалометричного аналізу:

1. Відбір КПКТ зображень черепів, що відповідають критеріям включення;
2. Проведення стандартних цефалометричних аналізів за Down's, Tweed, McNamara, Ricketts, Steiner;
3. Проведення цефалометричного аналізу на основі методу DVB+;
4. Порівняння метричних і ангуляційних параметрів отриманих з стандартних аналізів (Down's, Tweed, McNamara, Ricketts, Steiner) та DVB+ між собою.
5. Систематизація параметрів на дентальні і скелетні з практичними рекомендаціями.

Після ретроспективного аналізу рентгенологічних баз клінік «Добробут» та Central Laboratory Diagnosis of the Head (CLDH) нами було відібрано 48 КПКТ зображень черепів. Розподіл за статтю представлено в таблиці 3.1 та на рисунку 3.2.

*Таблиця 3.1*

**Співвідношення відібраних черепів за статтю**

Стать	Кількість черепів
Жіноча	23 (48%)
Чоловіча	25 (52%)
Всього	48 (100%)



Рисунок 3.2 Діаграма співвідношення відібраних черепів для дослідження за статтю

Наступним етапом було проведення цефалометричних аналізів за стандартними методиками Down's, Tweed, McNamara, Ricketts, Steiner для порівняння параметрів за схожими характеристиками та опису нових. Нами було відібрано наступні метричні та ангуляційні параметри представлені в таблиці 3.2.

Таблиця 3.2

**Порівняння скелетних та дентальних параметрів зі стандартних цефалометричних аналізів з запропонованим модифікованим методом DVB+**

Скелетні параметри	
Параметри з аналізів Down's, Tweed, McNamara, Ricketts, Steiner	Параметри DVB+ аналізу
<b>Down's аналіз</b>	
NPog (Angel of convexity)	A-TVP
NPog-PoLORL	A-TVP

(Facial angel)	
Mandibular plane angel (PoLOrL- GoLMe)	FH(PoRPoL-OrL)-MP(ArLArR-Me)
<b>Tweed аналіз</b>	
FMA (PoLOrL- GoLMe)	FH(PoRPoL-OrL)-MP(ArLArR-Me)
FMIA (L1(ApL1,ApL1L, ApL1R,IsL1,IsL1L,Is L1R)-PoLOrL)	L1-FH
IMPA(L1(ApL1,ApL 1L, ApL1R,IsL1,IsL1L,Is L1R)-GoLMe)	L1-MP
<b>McNamara аналіз</b>	
A-NPog (треба добавити)	A-TVP
ANSMe	ANS-MP
<b>Ricketts аналіз</b>	
ANSXiPM	ANS-MP
L1-APog	B-TVP
Mandibular plane angel (PoLOrL- GoLMe)	FH(PoRPoL-OrL)-MP(ArLArR-Me)
<b>Steiner аналіз</b>	
SNA	A-TVP
SNB	B-TVP

II	II
Ідентичні параметри різних цефалометричних аналізів для порівняння з методом DVB+ (Iowa, Jarabak, Witt's, Kim)	
A-NFH метричний	A-TVP
B-NFH метричний	B-TVP
NA-FH агуляційний	A-TVP
TFH(N-Me)/LFH(ANS-Me)	TFH(FR-Me)/LFH(ANS-Me)
U1-SN	U1-FH
L1-PoROrR	L1-FH
FH-PP	FH-PP
AB-FH	AB-FH
Go(ArL-GoL-Me)	Go(UmRArRArL-ImRImLMe)
Witts (A-B to occlusion plane)	Witts (A-B to FH)
OB 2D	OB (IsU1,IsU1L,IsU1R,IsL1,IsL1L,IsL1R,PoL,PoR,OrR)
OJ 2D	OJ (IsL1,IsL1L,IsL1R, IsU1,IsU1L,IsU1R,PoL,PoR,OrR)

Після систематизації відібраних критеріїв для порівняння метричних і ангуляційних показників нами були використані їх 2D значення, які описані в таблиці 3.3, оскільки референтні 3D цефалометричні норми на сьогоднішній день відсутні.

## Цефалометричні параметри та їх референтні 2D норми

Параметри з аналізів	2D норма (°ангуляційний, мм- метричний)	S.D. (Standard deviation)
Down's, Tweed, McNamara, Ricketts, Steiner		
<b>Down's аналіз</b>		
NPog (Angel of convexity)	0°	±5°
NPog-PoLOrL (Facial angel)	87.8°	±3.5°
Mandibular plane angel (PoLOrL-GoLMe)	21.9°	±3.24
<b>Tweed аналіз</b>		
FMA (PoLOrL-GoLMe)	25°	±4°
FMIA (L1(ApL1,ApL1L, ApL1R,IsL1,IsL1L,IsL1R)- PoLOrL)	65°	±5°
IMPA(L1(ApL1,ApL1L, ApL1R,IsL1,IsL1L,IsL1R)- GoLMe)	90°	±3.5°
<b>McNamara аналіз</b>		
A-NPog (треба додати)	0.4 мм	±2.3мм
ANSMe	66.7мм	±4.1мм
<b>Ricketts аналіз</b>		
ANSXiPM	47°	±4°
L1-APog	22°	±4°
Mandibular plane angel (PoLOrL-GoLMe)	26°	±4°
<b>Steiner аналіз</b>		



SNA	82°	±3.7
SNB	80°	±3.8°
II	130°	±5°
Параметри різних цефалометричних аналізів для порівняння з методом DVB+ (Iowa, Jarabak, Witt`s, Kim)		
A-NFH	0мм	±1
B-NFH	-2мм	±1
NA-FH	90°	±1°
TFH(N-Me)/LFH(ANS-Me)	55%	±2%
U1-SN	105.2°	±6.6°
FH-PP	1.2°	±4.2
AB-FH	80°	±2°
Go(ArL-GoL-Me)	124°	±5°
Witts (A-B to occlusion plane)	-0.3 мм	±1.7 мм
OB 2D	2мм	±2мм
OJ 2D	2мм	±2мм

В таблиці 3.4 наведені нормативні значення цефалометричних параметрів різних аналізів та їх відхилення від норм зі стислим описом характеристики та практичного розуміння цих даних.

Таблиця 3.4

## Характеристика стандартних цефалометричних параметрів

Параметри з аналізів Down's, Tweed, McNamara, Ricketts, Steiner	2D норма (°-ангуляційний, мм-метричний) та S.D	Норма	Зменшення	Збільшення
<b>Down's аналіз</b>				
NAPog (Angel of convexity)	$0^{\circ} \pm 5^{\circ}$	Нормогнатія	Ретрогнатія	Прогнатія
NPog-PoLOrL (Facial angel)	$87.8^{\circ} \pm 3.5$	Нормогенія	Ретрогенія	Прогенія
Mandibular plane angel (PoLOrL-GoLMe)	$21.9^{\circ} \pm 3.24$	Нормодивергуючий ріст	Гіподивергуючий ріст	Гіпердивергуючий ріст
<b>Tweed аналіз</b>				
FMA (PoLOrL-GoLMe)	$25^{\circ} \pm 4^{\circ}$	Нормодивергуючий ріст	Гіподивергуючий ріст	Гіпердивергуючий ріст
FMIA (L1(ApL1, ApL1L, ApL1R, IsL1, IsL1L, IsL1R)-PoLOrL)	$65^{\circ} \pm 5^{\circ}$	Нормоінклинація нижнього різця	Ретроінклинація (ретрузія)	Проінклинація (протрузія)
IMPA(L1(ApL1, ApL1L,	$90^{\circ} \pm 3.5^{\circ}$	Нормоінклинація нижнього	Ретроінклинація (ретрузія)	Проінклинація (протрузія)

ApL1R,IsL1,I sL1L,IsL1R)- GoLMe		різця		
<b>McNamara аналіз</b>				
A-NPog	0.4 мм±2.3мм	Нормогнатія	Прогнатія	Ретрогнатія
ANSMe	66.7мм±4.1мм	Норма	Тенденція до глибокого прикусу	Тенденція до відкритого прикусу
<b>Ricketts аналіз</b>				
ANSXiPM	47°±4°	Норма	Глибокий прикус	Відкритий прикус
L1-APog	22°±4	Нормоінклинац ія нижнього різця	Ретроінклинаці я (ретрузія)	Проінклинація (протрузія)
Mandibular plane angel (PoLOrL- GoLMe)	26°±4	Нормодивергу ючий ріст	Гіподивиргую чий ріст	Гіпердивергую чий ріст
<b>Steiner аналіз</b>				
SNA	82°±3.7	Нормогнатія	Ретрогнатія	Прогнатія
SNB	80°±3.8°	Нормогенія	Ретрогенія	Прогенія
II	130°±5	Норма	Протрузія різців	Ретрузія різців
Параметри різних цефалометри				

чних аналізів (Iowa, Jarabak, Witt`s, Kim)				
A-NFH	0мм±1	Нормогнатія	Ретрогнатія	Прогнатія
B-NFH	-2мм±1	Нормогенія	Ретрогенія	Прогенія
NA-FH	90°±1	Нормогнатія	Ретрогнатія	Прогнатія
TFH(N- Me)/LFH(AN S-Me)	55%±2%	Нормальне співвідношенн я	Тенденція до скелетного глибокого	Тенденція до скелетного відкритого
U1-SN(Max 1- SN)	105.2°±6.6°	Нормоінклинац ія	Ретроінклинаці я	Проінклинація
SN-FH	7°	Норма	Низьке положення сідла	Високе положення сідла
FH-PP	1.2°±4.2	Норма	Ротація проти часової стрілки	Ротація за часовою стрілкою
AB-FH	80°±2°	Норма	3 скелетний клас	2 скелений клас
Go(ArL-GoL- Me)	124°±5°	Нейтральний ріст	Горизонтальни й ріст	Вертикальний ріст
Witts (A-B to occlusion plane)	-0.3 мм±1.7 мм	1 клас	3 клас	2 клас
OB 2D	2мм±2мм	Нормальне вертикальне перекриття	Фронтальний відкритий прикус	Фронтальний глибокий
OJ 2D	2мм±2мм	1 клас	3 клас	2 клас

Параметри стандартних 2D цефалометричних аналізів, які були відібрані для проведення порівняння з модифікованим нами 3D цефалометричним аналізом DVB+ та систематизовані наступним чином: на скелетні сагітальні (SS), скелетні вертикальні (SV) та дентальні (D) (табл.3.5).

## Структуризація 2D цефалометричних параметрів

Назва параметру	Систематизація SS, SV, D
NAPog	Скелетний сагітальний (SS)
NPog-PoLOrL	Скелетний сагітальний (SS)
A-NPog	Скелетний сагітальний (SS)
SN-FH	Скелетний сагітальний (SS)
SNA	Скелетний сагітальний (SS)
SNB	Скелетний сагітальний (SS)
A-NFH	Скелетний сагітальний (SS)
B-NFH	Скелетний сагітальний (SS)
NA-FH	Скелетний сагітальний (SS)
AB-FH	Скелетний сагітальний (SS)
AOBO	Скелетний сагітальний (SS)
Left mandibular plane	Скелетний вертикальний(SV)
GoLMe-PoLOrL	Скелетний вертикальний(SV)
GoRMe-PoROrR	Скелетний вертикальний(SV)
Go	Скелетний вертикальний(SV)
ANSXiLPM	Скелетний вертикальний(SV)
FH-PP	Скелетний вертикальний(SV)
AFH	Скелетний вертикальний(SV)
LFH	Скелетний вертикальний(SV)
II	Дентальний (D)
L1-PoLOrL	Дентальний (D)
L1-GoLMe	Дентальний (D)
Mand1-APog	Дентальний (D)
Max1-SN	Дентальний (D)

Контроль положення S-N лінії відіграє важливу роль в перевірці параметрів, так як від положення точки S залежать показники кутів SNA і SNB відповідно. Під час проведення цефалометрії зустрічались пацієнти з «високим» і «низьким» розташуванням турецького сідла. В нормі кут між S-N і FH має бути  $7^\circ$ , при його зменшенні, наприклад до  $4^\circ$  (високе турецьке сідло) то від кута SNA і SNB віднімається  $3^\circ$  ( $7^\circ - 4^\circ = 3^\circ$ ), якщо навпаки - збільшення SN-FH =  $12^\circ$  (низьке турецьке сідло) - то відповідно до кутів SNA і SNB додається різниця  $5^\circ$ .

Для визначення нормативних параметрів методу DVB+ відбирались КПКТ зображення черепів, що відповідали критеріям включення та виключення.

Важливим етапом після проведення цефалометрії був аналіз отриманих результатів, що надавав змогу виключити КПКТ зображення з прихованим 2-3 скелетним класом за Енглем, але з 1 зубо-альвеолярним по прикусу, знімки з біпротрузією або біретрузією щелеп, а тільки після цього був аналіз вертикальних та дентальних параметрів, що дало змогу визначити «ідеальну» норму.

Серед відібраних та проаналізованих КПКТ зображень черепів було наступне співвідношення: із 48 (100%) з 1 класом за Енглем у 7 (14%) була скомпенсованість по прикусу, з них: 5 (10%) пацієнтів мали 2 скелетний клас, а 2 особи (4%) – 3 скелетний клас та не увійшли до основної групи дослідження, в якій залишилось 41 (85%) КПКТ зображення (рис. 3.3).

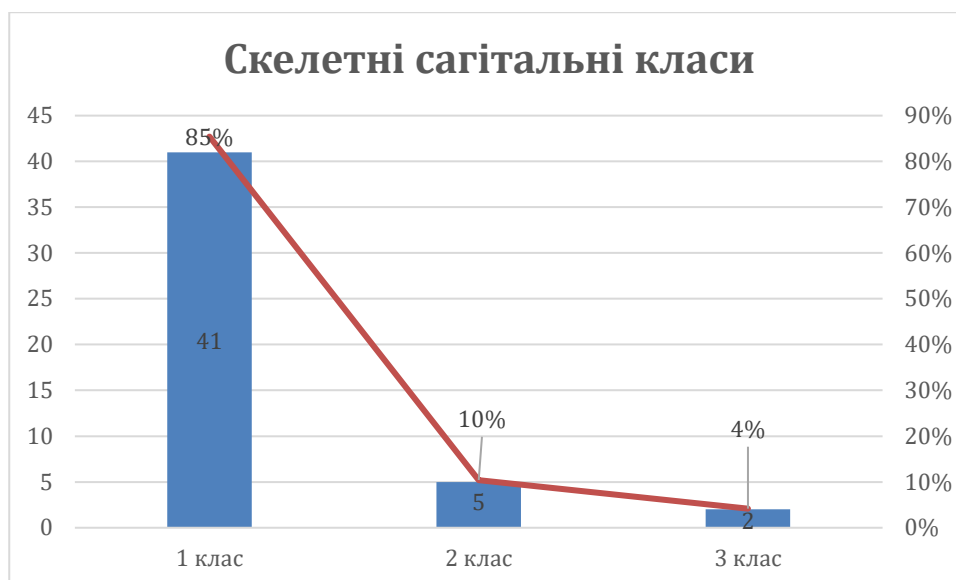


Рисунок 3.3 Скелетні класи в сагітальній площині серед 48 відібраних черепів

Серед 41 (100%) пацієнта з 1 скелетним класом у 13 (32%) пацієнтів спостерігалась нормогнатія, у 9 (22%) – біпротрузія, та у 19 (46%) – біретрузія, що вказує на превалювання цієї групи серед відібраних КПКТ зображень черепів, як показано на рисунку 3.4.



Рисунок 3.4 Співвідношення щелеп серед пацієнтів з 1 класом.

Пацієнтами з ідеальними нормативними значеннями в сагітальній площині вважались ті, в яких значення (NAPog, NPog-PoLorL, A-NPog, SNA,



SNB, A-NFH, B-NFH, NA-FH, AB-FH, AOBO) відповідали нормі. З 48 (100%) особи нами було виявлено 13 (27%) таких випадків (рис. 3.5)

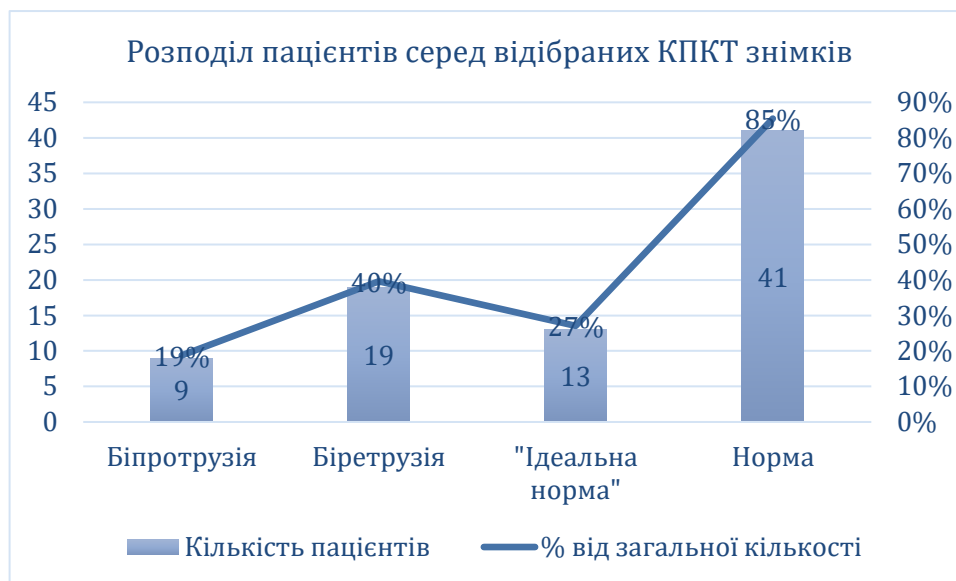


Рисунок 3.5 Кількість пацієнтів з «ідеальною» нормою та 1 класом по оклюзії в сагітальній площині від загальної кількості

3D цефалометричний аналіз за методом DVB+ було проведено на 41(100%) КПКТ зображенні черепів (21 (51%) чоловіки і 20 (49%) – жінки), після відбору і виключення пацієнтів з компенсованими 2 та 3 скелетним класом та систематизацією першого класу на нормогнатичне, біретрузійне та біпротрузійне співвідношення щелеп в сагітальній площині. Отримані дані наведені в таблиці 3.6

Таблиця нормативних параметрів для 1 класу за методом DVB+

Параметр	max знач	min знач	серед знач	SD
Скелетні сагітальні				
A-TVP	15,5	6,4	11,8	± 3,1
B-TVP	14,8	3,3	10,0	± 3,6
Witts	7,8	7,7	4,7	±1.1
AB-FH	88,9	78,3	83,0	±3
Скелетні вертикальні				
FH-MP	31,3	11,6	21,5	±4,1
FH-PP	8,5	0,0	3,1	±2,2
Go	129,3	112,3	120,5	±4,3
TFH/LFH	65,6%	78,9%	72,8%	±3,3
висота обличчя FH-MP	95,8	78,1	86,7	±5,4
нижня висота обличчя ANS-MP	69,1	53,8	63,2	±4,7
Дентальні параметри				
OB	3,2	0,0	1,1	±1,0
OJ	5,4	1,2	3,2	±1,2
II	54,5	35,0	47,3	±5,8
U1-FH	80,3	62,5	69,1	±5,6
L1-FH	66,2	57,4	62,7	±2,8
16-26	44,7	36,8	39,9	±2,3
Інші параметри, які використовувались для роботи з STL				
PtR-Me	108,0	81,3	95,2	±8,4

PtL-Me	107,3	80,6	95,1	±8,2
PoR-OrR	86,5	76,4	81,1	±2,7
PoL-OrL	84,8	76,6	80,5	±2,4
CoR-CoL	112,4	88,8	101,5	±6,5

Статистичний аналіз проводився з використанням наступних формул:

Середнє значення (середнє арифметичне):  $\bar{X} = \frac{\sum X}{n}$

Стандартне відхилення:  $\sigma = \sqrt{\frac{\sum (X_i - \bar{X})^2}{n}}$

Після оцінки параметрів нами був зроблений висновок, що цефалометричні нормативні сагітальні параметри потрібно розділяти за гендером на чоловічі та жіночі, тому що різниця в цифрах сильно відрізняється одна від одної, як показано на рис.3.6 для чоловіків та рис 3.7 для жінок.

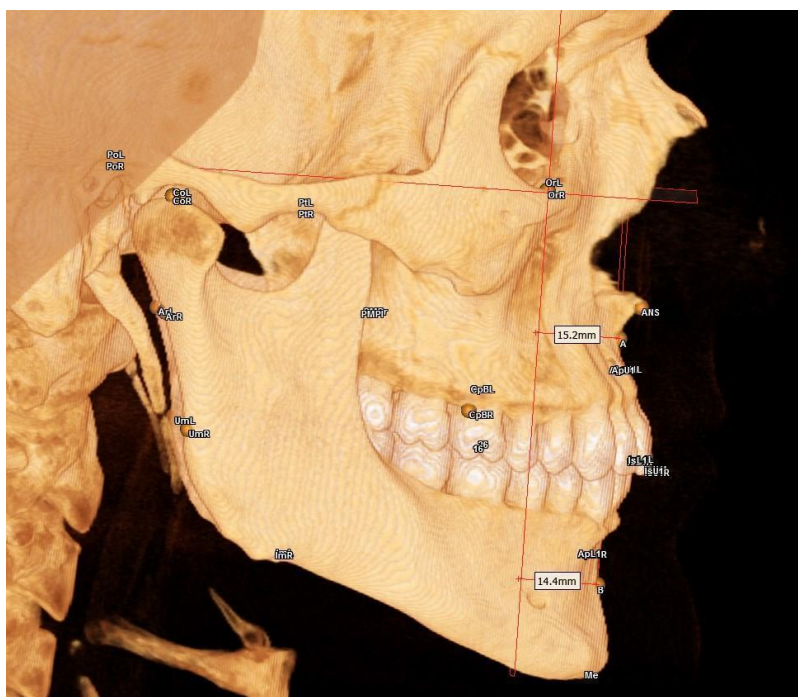


Рисунок 3.6 Чоловіча норма: А-TVP - 15.2мм В-TVP -14.4мм

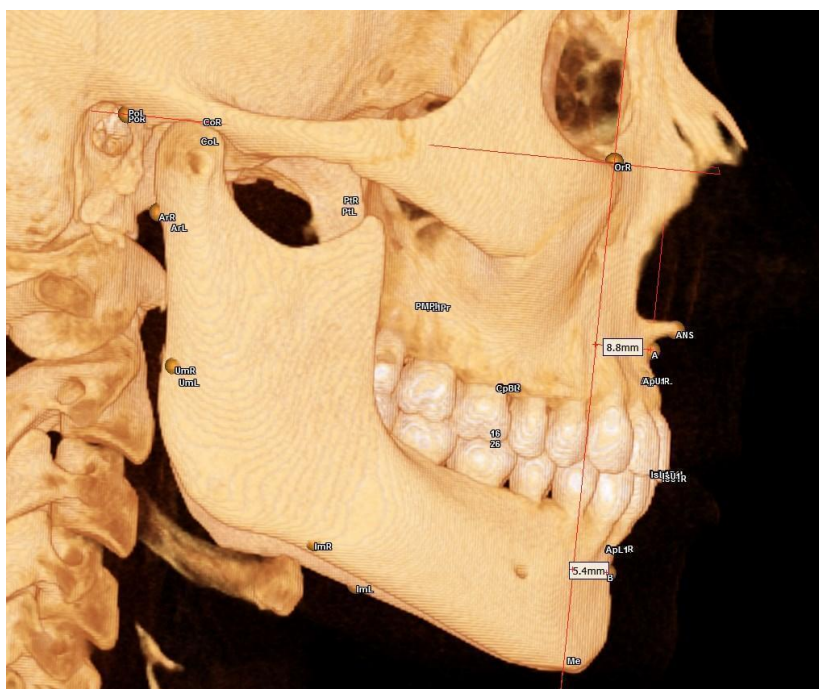


Рисунок 3.7 Жіноча норма: А-TVP - 8.8мм В-TVP - 5.4мм

Таблиця 3.7

**Нормативні параметри за гендером та розмірами щелеп**

Параметр	Чоловіки n=21			
	max знач	min знач	серед знач	SD
Скелетні сагітальні параметри				
А-TVP мм	15,5	10,7	13,8	±1,7
В-TVP мм	14,8	8,0	12,3	±2,4
МxR-МxA мм	63,8	58,3	60,5	±1,7
МxL-МxA мм	63,8	57,8	60,4	±1,9
Жінки n=20				

Параметр	min знач	max знач	серед знач	SD
Скелетні сагітальні параметри				
A-TVP мм	14,7	6,4	9,8	±2,8
B-TVP мм	12,5	4,5	7,5	±2,9
MxR-MxA мм	60,1	51,3	56,0	±2,9
MxL-MxA мм	59,2	51,3	55,8	±2,7

При аналізі таблиці 3.7 можна зробити висновки, що при співвідношенні щелеп при 1 класі при біретрузії, біпротрузії чи при нормагнатії – різниця між параметрами A-TVP та B-TVP повинна бути в межах до 2мм. Також існує сильний лінійний кореляційний зв'язок між розмірами щелеп та параметром A-TVP, при зміні параметру MxR-MxA змінюється параметр A-TVP.

З використанням CAD технологій та рендерінгу Dicom в STL і супраїмпозиції двох рандомних КПКТ зображень черепів видно, що по розмірах вони однакові (краніальні структури такі як відстань Po-Or), але розміри щелеп відрізняються (рис. 3.8)

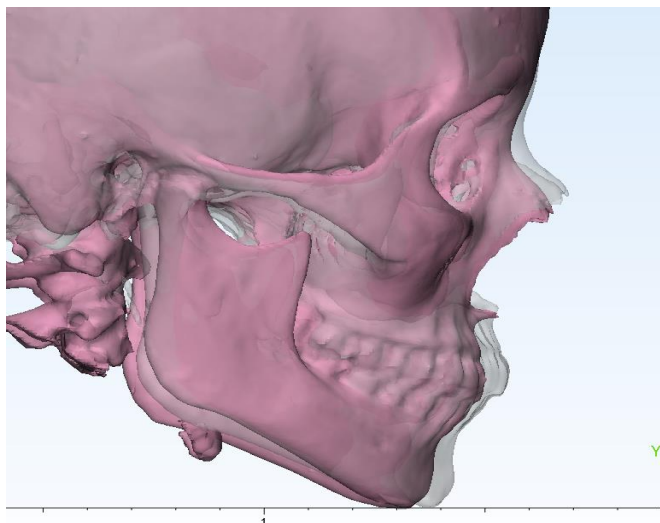


Рисунок 3.8 Рендерінг та супраїмпозиція двох черепів пацієнтів з однаковими краніальними параметрами.

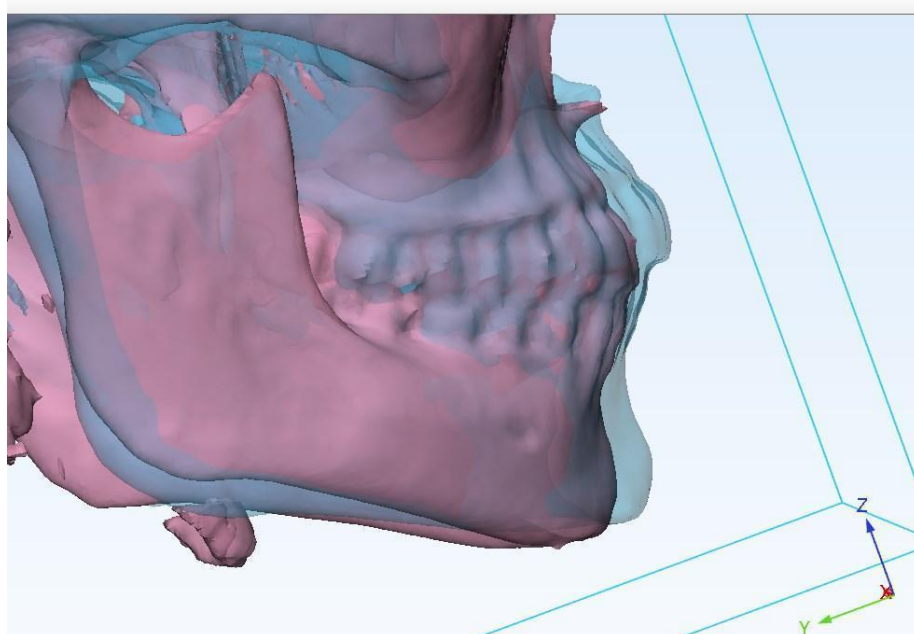


Рисунок 3.9 Детальний аналіз 3-D об'єктів

Після детального аналізу в 3-D ми вирішили виміряти розміри щелеп по наспуних орієнтирах MxR-MxA та MxL-Mx-A.

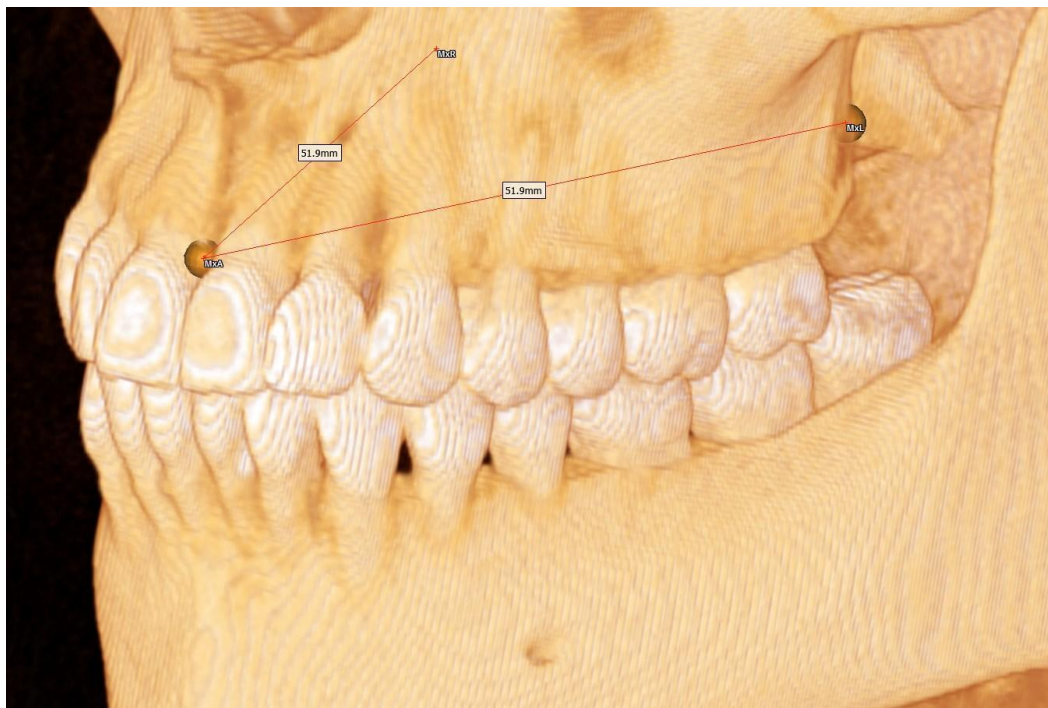


Рисунок 3.10 Параметри верхньої щелепи пацієнта №1

Пошук кореляційного зв'язку почався коли виявилось, що у 13 (100%) пацієнтів (6 (46%) осіб чоловічої та 7 (54%)– жіночої статі), що відповідали параметрам «ідеальних» нормативних значень з нормогнатією щелеп, сагітальні параметри сильно відрізнялись. Цефалометричні параметри чоловіків та жінок і коефіцієнт кореляції Пірсона -  $r$ , представлені в таблиці 3.8 та 3.9 відповідно.



Таблиця 3.8

**Скелетні та щелепні цефалометричні параметри для чоловіків**

Пацієнти	Сагітальні параметри		Щелепні параметри	
	A-TVP мм	B-TVP мм	MxR-A мм	MxL-A_мм
1	15,2	14,4	61,1	62,5
2	15,5	13,7	62,7	61,4
3	13,4	11,1	58,4	58,5
4	15,4	13,6	62,6	61,3
5	13,5	11,2	58,5	58,6
6	15,4	14,7	61,4	62,8
r = 0,96				

Таблиця 3.9

**Сагітальні та щелепні цефалометричні параметри для жінок**

Пацієнтки	Сагітальні параметри		Щелепні параметри	
	A-TVP мм	B-TVP мм	MxR-A мм	MxL-A_мм
1	8,8	5,4	51,4	51,4
2	11,7	10,5	55,3	55,2
3	9,1	5,7	51,7	51,7
4	14,7	12,5	58,2	57,1
5	12	10,8	55,6	55,5
6	8,7	5,3	51,3	51,3
7	11,4	10,2	55,1	55,1
r = 0,99				



Коефіцієнт кореляції Пірсона визначається за наступною формулою:

$$r = \frac{(\sum(X_i - \bar{X})(Y_i - \bar{Y}))}{\sqrt{(\sum(X_i - \bar{X})^2 \sum(Y_i - \bar{Y})^2)}$$

Де:

r- Кореляційний коефіцієнт Пірсона;

$X_i$  і  $Y_i$  - значення змінних X і Y для спостереження;

$\bar{X}$  і  $\bar{Y}$  - середні значення змінних X і Y відповідно.

Ця формула використовується для визначення ступеня лінійного зв'язку між двома змінними. Значення кореляційного коефіцієнта лежать в межах від -1 до 1. Значення близькі до 1 вказують на позитивний лінійний зв'язок, а значення близькі до -1 - на негативний. Значення нуль або близьке до нуля вказує на відсутність лінійного зв'язку між змінними.

Для чоловіків коефіцієнт Пірсона  $r = 0,96$ , для жінок  $r = 0,99$  що вказує на позитивний лінійний зв'язок. **Можна зробити висновок що лінійні сагітальні параметри положення верхньої щелепи в сагітальній площині до TVP залежать від розмірів цієї щелепи.** Нижня щелепа нами не досліджувалась через те, що співвідношення між верхньою та нижньою щелепами в нормі дорівнює 2мм між значеннями A-TVP та B-TVP.

Нами було запропоновано розглядати дентальні параметри нахилу різців за допомогою концепції побудови трикутника, використовуючи франкфуртську горизонталь як основу, та окремо визначені параметри для чоловіків і жінок, як показано нижче на рисунку 3.11 та таблиці 3.10.

1 кут  $49,6^\circ (\pm 3,6^\circ)$  для чоловіків та  $44,9^\circ (\pm 6,7^\circ)$  для жінок - це вершина трикутника, утворений між різцями U1-L1 (2D норма  $50^\circ \pm 5$ );

2 кут - утворений віссю нижнього різця до франкфуртської горизонталі (L1-FH)  $^\circ$ , для чоловіків цей параметр  $= 61,9^\circ \pm 2,1^\circ$  для жінок  $= 63,6^\circ \pm 3,1^\circ$  (2D норма  $65^\circ \pm 5$ );

З кут – між U1-FH відповідно для чоловіків =  $67,5^{\circ} \pm 3,7^{\circ}$ , для жінок -  $70,9^{\circ} \pm 6,8^{\circ}$  (2D норма  $70^{\circ} \pm 5^{\circ}$ ).

Згідно законів геометрії, сума кутів трикутника =  $180^{\circ}$ , що і буде являться нормою нахилу різців.

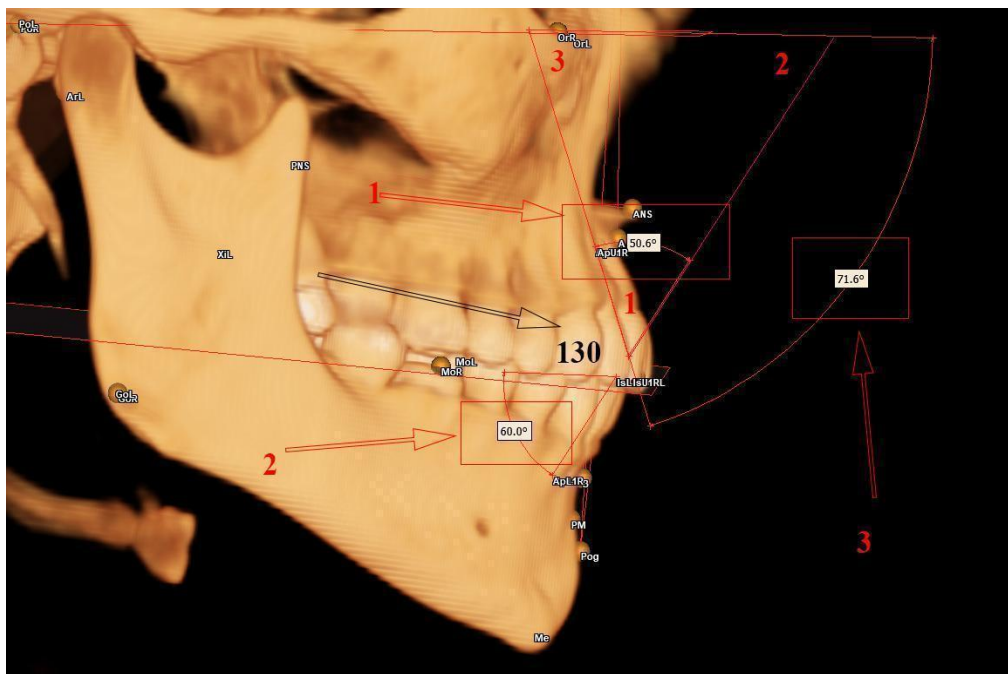


Рисунок 3.11 Концепція побудови трикутника нахилу різців методом DVB+

Таблиця 3.10

**Нормативні значення дентальних параметрів для чоловіків та жінок за методом DVB+**

Параметр	max знач, °	min знач, °	серед знач, °	SD, °
<b>Чоловіки n-21</b>				
II	54,5°	44,7°	49,6°	±3,6°
L1-FH	65,8°	57,4°	61,9°	±2,1°
U1-FH	73,4°	62,5°	67,5°	±3,7°
<b>Жінки n-20</b>				
II	52,7°	35,0°	44,9°	±6,7°
L1-FH	66,2°	57,6°	63,6°	±3,1°
U1-FH	80,3°	62,7°	70,9°	±6,8°

Аналізуючи дані таблиці 3.10 ми дійшли висновку, що клінічне значення показників нахилу різців полягає в тому, що його зміна в 1° від норми дорівнює 0.2 мм місця в зубній дузі. При зменшенні кута L1-FH спостерігається протрузія нижніх різців, при його збільшенні - ретрузія. При зміні кута U1-FH можемо зробити висновок, що при зменшенні показників спостерігається протрузія верхніх різців, а при збільшенні - ретрузія.

Witt's число є надійним діагностичним метричним параметром для визначення патології в сагітальній площині. По причині ненадійності оклюзійної площини, як референтної, внаслідок її можливої ротації, нами було

модифіковано число Witt's, використовуючи франкфуртську горизонталь, як референтну та більш стабільну (рис. 3.12).

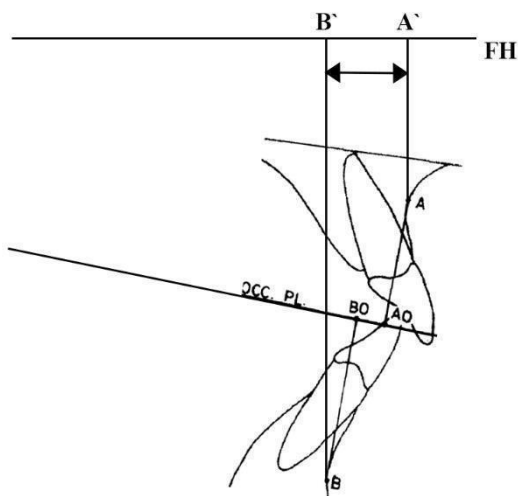


Рисунок 3.12 Схематичне зображення вимірювання числа Witt's на оклюзійну площину та франкфуртську площину.

За результатами проведеного цефалометричного аналізу за стандартними методиками, у порівнянні з методом DVB+, нами відмічена велика різниця в отриманих даних, що можна пояснити як математичну залежність числа Witt's від кута нахилу оклюзійної площини наступним рівнянням:

$$AOBO = \frac{(A'B' - BO \times \operatorname{tg}\varphi - AO \times \operatorname{tg}\varphi)}{\operatorname{cos}\varphi}$$

Де  $\varphi$  - це кут між оклюзійною площиною та франкфуртською горизонтальною площиною, відповідно, при збільшенні кута нахилу, відстань буде збільшуватись і навпаки. Дані порівняння між класичним Witt's (AOBO) і запропонованим нами методом DVB+ наведено в таблиці 3.11.

Таблиця 3.11

## Результати аналізів класичного Witt`s (АОВО) та DVB+

Параметр	max знач, мм	min знач, мм	серед знач, мм	SD, мм
Чоловіки n-21				
АОВО	3,3,	0,2	1,5	±1,0
Witt`s	5,8	3,6	4,6	±0,6
DOP-FH	12,4	1,2	5,9	3,3
Жінки n-20				
АОВО	3,9	0,7	1,9	±1,0
Witt`s	7,8	3,3	4,7	±1,5
DOP-FH	10,9	1,4	5,4	2,8

В таблиці 3.12 наведені дані кута між оклюзійною площиною (DOP) та франкфуртською (FH), яка має індивідуальний рівень нахилу у кожного пацієнта, що впливає на параметр АОВО, як описано в рівнянні вище.

В методі DVB+ також є скелетні вертикальні параметри, що мають клінічне значення. Метою нашого дослідження було модифікувати параметр LFH (ANS-Me)/TFH (N-Me) – співвідношення нижньої висоти обличчя (від точки ANS до Me) до загальної висоти обличчя, яка визначається метрично (від точки N до точки Me), що в нормі становить 55%.

Так як наш метод розроблений для КПКТ середнього поля зору і в ньому відсутня точка N, яка замінена нами на франкфуртську площину (FH), а точку

Me - на мандибулярну (MP) нами визначались співвідношення між ANS-MP /FH-Me. Дані представлені в таблиці 3.12 та 3.13.

Таблиця 3.12

**Співвідношення N-Me/ANS-Me та FH-Me/ASN-Me для чоловіків та жінок**

Параметр	max знач	min знач	серед знач	SD
Чоловіки n-21				
ANS-Me /N-Me	58,8%	49,2%	55,4%	±2,8%
ANS-MP /FH-MP	75,9%	65,6%	72,6%	±3,2%
Жінки n-20				
ANS-Me/N- Me	60,5%	51,9%	56,2%	±2,7%
ANS-MP /FH-MP	78,9%	68,9%	73,1%	±3,4%

Дані таблиці 3.13 вказують на те, що різниця в нормативних значеннях між чоловіками (72,6%) і жінками (73,1%) менше 1% - клінічно не значуща, це пояснюється тим, що розміри черепів пропорційно однакові, тому і різниця менше 1%.

Дані нормативних параметрів вертикальних розмірів черепів наведені в таблиці 3.13.

Таблиця 3.13

## Дані вертикальних розмірів черепів для чоловіків та жінок

Параметр	max	min	серед	SD, мм
	знач, мм	знач, мм	знач, мм	
Чоловіки n-21				
FH-MP	95,8	86,7	90,9	3,3
ANS-MP	69,1	58,0	65,9	3,0
Жінки n-20				
FH-MP	85,9	78,1	82,4	3,0
ANS-MP	67,7	53,8	60,3	4,4

Клінічне значення даного параметру – при зменшенні цього параметру в пацієнта буде скелетний глибокий прикус (FH-MP/ANS-MP = 66% рис.3.10), та, навпаки, при збільшенні цього параметру в пацієнта буде скелетний відкритий прикус (FH-MP/ANS-MP = 80%).

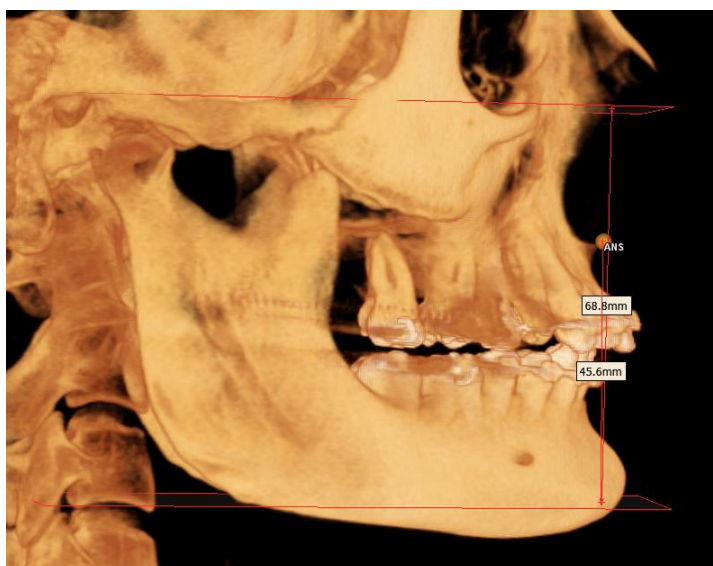


Рисунок 3.13 Приклад пацієнта з скелетним глибоким прикусом FH-MP/ANS-MP = 66% (45,6мм/68,8мм)\*100%

Інші вертикальні параметри визначались по класичній методиці 2D цефалометрії, але виміри проводились не між лініями, а між площинами (FH-MP). Тому нами перевірялась їх відповідність між нормативними параметрами, що існують для 2D аналізу. Дані представлені в таблиці 3.14.

Таблиця 3.14

**Порівняння даних 2D норм та отриманих 3D значень за методом DVВ+**

Параметр	2D нормативні значення	3D	
		чоловіки n-21	жінки n-20
FH-MP	25°±4(Tweed) 26°±4(Ricketts) 21.9°±3.24 (Down`s)	22,4°±3,5°	20,6°±4,5°
FH-PP	1.2°±4.2	3,1°±2,7°	3,1°±1,6°
Go	124°±5° (Jaraback)	121,3°±2,5°	119,7°±5,5°

**3.2 Дозування на площу (dose area product (DAP)) та діагностичний контрольний рівень (Diagnostic reference levels (DRLs)) і принцип ALARA**

Для проведення цефалометричного аналізу за стандартними методиками необхідно мати краніальні структури (турецьке сідло та носо-лобний шов для побудови S-N площини). Для цього необхідно зробити МСКТ/КПКТ великого поля зору (FOV 27,6×27,6 см), але при цьому потрібно розуміти, що при збільшенні FOV збільшується і DAP.

DAP (мГр на см<sup>2</sup>) визначається наступним чином: основні параметри, від яких залежить ця величина – це пікова напруга (kV), струм трубки (mA), час експозиції (s) та площа поля зору рентгенологічного апарату (FOV). Наприклад, рентгенівське поле (FOV) розміром 5 см × 5 см із вхідною дозою 1 мГр дасть значення DAP =25 мГр·см<sup>2</sup>. При збільшенні поля зору (FOV) до 10 см × 10 см, з тією ж вхідною дозою, DAP збільшується до 100 мГр·см<sup>2</sup>, що в чотири рази перевищує попереднє значення.



Діагностичні контрольні рівні (DRL) є інструментом оптимізації для медичних процедур візуалізації з використанням іонізуючого випромінювання. Вони вказують на очікувану дозу опромінення, отриману пацієнтом середньої статури, який проходить певну процедуру візуалізації.

У багатьох країнах світу встановленні норми DRL для інтраоральної прицільної рентгенографії, ортопантомографії та цефалометрії, але DRL на даний час для 3D цефалометрії не розроблені.

Для дотримання принципу ALARA та, відповідно, зменшення DAP нами був розроблений та запропонований метод об'єднання знімків КПКТ (верхньої та нижньої щелепи FOV 8x8 см) та КПКТ скронево-нижньощелепних суглобів лівого та правого (FOV 5x5 см). Обстеження пацієнтів проводилось на томографі ORTHOPHOS XG 3D (Dentsply, Sirona GmbH Germany), інші параметри налаштування режимів КПКТ наведені в таблиці 3.15

*Таблиця 3.15*

**Параметри налаштування КПКТ томографа та DAP знімків**

Знімок	FOV см <sup>2</sup>	kV	mA	t сек	DAP мГр·см <sup>2</sup>
Верхня та нижня щелепи	8x8	85	7	14,1	812
Правий СНЩС	5x5,5	85	7	14,1	363
Лівий СНЩС	5x5,5	85	7	14,1	363
Сума DAP					1538

Після об'єднання DICOM файлів в один і 3D рендерінгу загальний вигляд показано на рис.3.14.

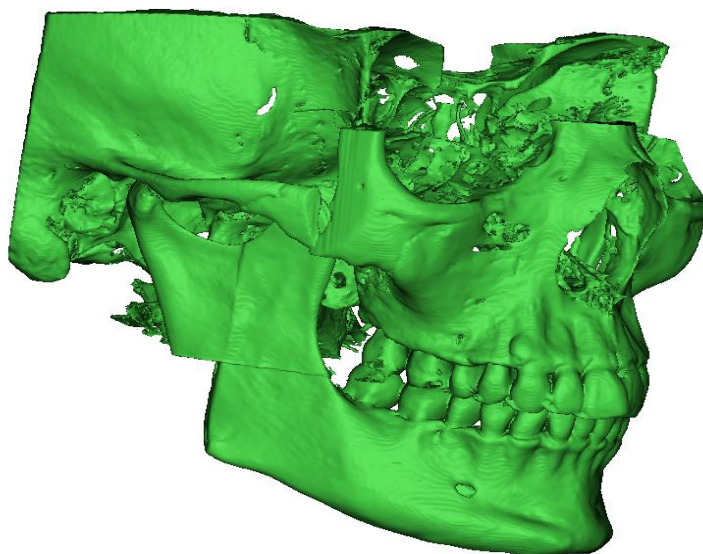


Рисунок 3.14 Об'ємний 3D STL файл, об'єднаний DICOM знімків верхньої і нижньої щелепи з лівим та правим скронево-нижньощелепними суглобами.

Для проведення повноцінної 3D цефалометрії за методом DVB+ та отримання результатів для планування лікування достатньо анатомічних структур, які зображені на рис.3.14.

Експериментально на фантомі (кадаврі) нами було досягнуто результатів в зменшенні DAP з 1538 до 870 мГр·см<sup>2</sup>. Дані результатів експерименту представлені в таблиці 3.16 та 3D файл із зображенням фантому після об'єднання знімків на рисунку 3.15.

Таблиця 3.16

**Параметри налаштування КПКТ томографа та DAP знімків**

Знімок	FOV см <sup>2</sup>	kV	mA	t сек	DAP мГр·см <sup>2</sup>
Верхня та нижня щелепи	8 <sup>x</sup> 8	85	4	14,1	458
Правий СНЦС	5 <sup>x</sup> 5,5	85	4	14,1	206
Лівий СНЦС	5 <sup>x</sup> 5,5	85	4	14,1	206
Сума DAP					870

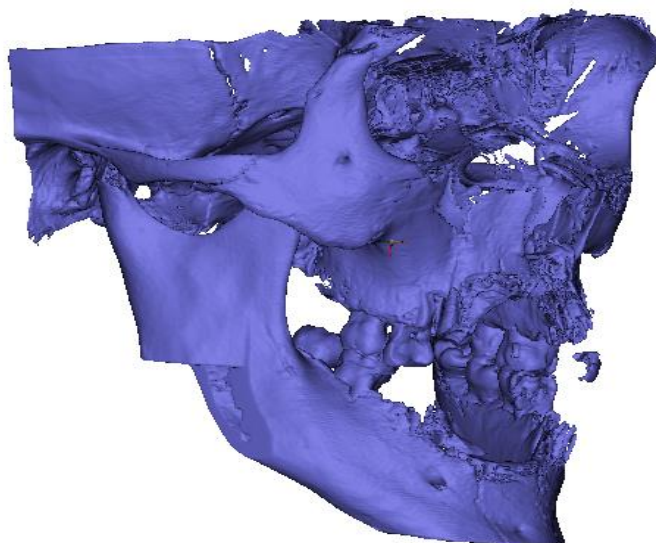


Рисунок 3.15 3D об'ємна візуалізації фантома на мінімальних налаштуваннях томографа.

Якість зображення КПКТ фантома майже не змінювалась, оскільки він не мав м'яких структур (шкіри та м'язів).

З метою проведення експерименту ми використовували фантом

(кадавр), що дав змогу вирішити актуальні проблеми такі як: розуміння коректного позиціонування пацієнта в КПКТ сканері та аналіз зображень у 16 різних програмах з налаштувань FOV, kV, mA, та часу експозиції).

Отримання результатів проводилось у різних програмах КПКТ сканеру (ORTHOPOS XG 3D (Dentsply, Sirona GmbH Germany). Другою метою використання фантому – це розуміння позиціонування голови пацієнта в КПКТ сканері, з метою попередження не отримання точки Or при проведенні КПКТ ВЩ і НЩ і, відповідно, не можливості побудувати FH для проведення майбутнього цефалометричного аналізу.

Висновок даного підрозділу: КПКТ потрібно проводити індивідуально з дотриманням принципів ALARA з метою зменшення DAP, налаштовуючи параметри FOV, kV та mA індивідуально під розміри черепа пацієнта та його маси тіла. В залежності від цілей КПКТ, позиціонування пацієнта в томографі повинен проводити лікар.

### **3.3 Результати клінічних досліджень.**

Клінічне обстеження 217 пацієнтів, котрі звернулись за стоматологічною допомогою: 175 (81%) осіб на базі кафедри ортодонтії та пропедевтики ортопедичної стоматології та Стоматологічного медичного центру НМУ ім. О. О. Богомольця і 42 (19%) особи на базі клініки «Ехріг» наведені в таблиці 3.17.

Таблиця 3.17

## Загальний розподіл обстежених пацієнтів

Установа	Кількість обстежених		Стать			
			Чоловіча		Жіноча	
	абс	%	абс	%	абс	%
Кафедра ортодонції та пропедевтики ортопедичної стоматології НМУ ім. О.О.Богомольця	175	81	68	39	107	61
Стоматологіч на клініка «Ехріс»	42	19	15	36	27	64
Всього	217	100	83	38	134	62

Серед обстежених нами 217 (100%) пацієнтів було виявлено 25 (11%) чоловік з ортогнатичним прикусом; найчастіше зустрічався скелетний глибокий прикус – 33 (15%) особи, найрідше – відкритий (денто-альвеолярна форма) – 2 (1%). З нозологічними формами патологічних прикусів, що відповідали критеріям включення: дистальним скелетним – 11 (5%) осіб, дистальним скелетним, ускладненим глибоким (зубо-альвеолярною формою) – 6 (3%), мезіальним скелетним – 9 (4%), та мезіальним скелетним прикусом з перехресним (зубо-альвеолярною формою) – 22 (10%) особи. Результати клінічного обстеження пацієнтів наведені в таблиці 3.18.

Таблиця 3.18

## Розподіл клінічно оглянутих пацієнтів за формою прикусу

Нозологія (прикус)	Кількість пацієнтів	Розподіл			
		Чоловіки	%	Жінки	%
Ортогнатичний	25(11%)	14	6	21	10
Дистальний (зубо-альвеолярна форма)	22(10%)	13	6	9	4
Дистальний (скелетна форма)	11 (5%)	5	3	6	3
Дистальний скелетний+глибокий (зубо-альвеолярна форма)	6 (3%)	2	1	4	2
Мезіальний (зубо-альвеолярна форма)	14(7)	5	3	9	4
Мезіальний (скелетна форма)	9 (4%)	6	3	3	1.5
Мезіальний скелетний+перехресний (зубо-альвеолярна форма)	22 (10%)	9	4	13	6
Відкритий прикус (зубо-альвеолярна форма)	2(1%)	-	0	2	0.9
Відкритий (скелетна форма)	3(1%)	1	0.4%	2	0.9
Глибокий (зубо-альвеолярна форма)	19(9%)	11	4	8	3
Глибокий (скелетна форма)	33(15%)	14	6	9	4
Перехресний прикус	5(2%)	3	1.6	2	0.9

(зубо-альвеолярна форма)					
Перехресний прикус (скелетна форма)	7(3%)	3	1.6	4	2
Інші нозологі, які були критеріями виключення(стертість зубів, дефекти зубних рядів і т.п)	39(18%)	24	11	15	7
Всього	217(100%)	110	50.6	107	49.4

Серед 217 обстежених пацієнтів на подальше обстеження та лікування було відібрано 48 пацієнтів за критеріями включення та виключення. Серед 48 (100%) пацієнтів, взятих на лікування, переважали пацієнти з мезіальним прикусом та мезіальним, ускладненим перехресним - 31 (65%) особа; з дистальним прикусом та дистальним, ускладненим денто-альвеолярною формою глибокого було відібрано - 17 (35%) осіб, співвідношення за статтю було майже однаковим - 22 (46%) чоловіка і 26 (54%) жінок. (табл. 3.19)

Таблиця 3.19

**Характеристика пацієнтів основної групи, прийнятих на лікування, з  
урахуванням статі та прикусу.**

Нозологія	Кількість пацієнтів	Розподіл			
		Чоловіки	%	Жінки	%
Дистальний прикус (скелетна форма)	11 (22%)	5	10	6	13
Дистальний прикус (скелетна форма)+глибокий (зубо-альвеолярна форма)	6 (12%)	2	4	4	8
Мезіальний прикус (скелетна форма)	9 (18%)	6	12	3	6
Мезіальний прикус (скелетна форма)+перехрестний (зубо-альвеолярна форма)	22 (48%)	9	19	13	28
Всього	48 (100%)	22	45	26	55



Фото пацієнтів, що були відібрані на подальше обстеження і лікування.

Рис.3.16 та Рис 3.17



Рисунок 3.16 Пацієнтка В.26 років, скелетний дистальний прикус, ускладнений глибоким (зубо-альвеолярною формою)



Рисунок 3.17 Пацієнтка Т.30 р., мезіальний прикус (скелетна форма)

### 3.4 Цефалометричні дані для 2 та 3 класу

Відібраним в ході клінічного обстеження пацієнтам з 2 та 3 скелетним класом, які залишилися на подальшу діагностику та лікування проводився 3D цефалометричний аналіз DVB+, дані отриманих результатів метричних та ангуляційних параметрів наведені в таблицях

нижче.

Таблиця 3.20

**Цефалометричні сагітальні параметри аналізу DVВ+ для пацієнтів з 2 класом за Енглем, поділених за статтю**

Параметр	max знач		min знач		серед знач		SD	
Скелетні сагітальні параметри для чоловіків n=8 та для жінок n=9								
Стать	Ч	Ж	Ч	Ж	Ч	Ж	Ч	Ж
A-TVP	17,80	17,20	10,60	9,20	13,13	12,31	2,64	2,78
B-TVP	12,60	12,00	1,70	0,40	4,81	3,23	3,62	3,64
Witts	14,50	14,60	4,00	0,80	8,81	10,13	3,68	4,15
AB-FH	83,30	88,00	68,10	66,70	77,24	74,18	5,25	6,65
Щелепні параметри для чоловіків n=8 та для жінок n=9								
Стать	Ч	Ж	Ч	Ж	Ч	Ж	Ч	Ж
MxR-MxA, mm	62,90	62,40	55,20	52,40	57,58	54,48	2,74	3,13
MxL-MxA, mm	62,90	63,40	55,10	51,70	58,38	54,73	2,71	3,63

За даними результатів сагітальних параметрів, отриманих з цефалометричного обстеження методом DVВ+, пацієнтів з 2 класом за Енглем ми прийшли до висновку, що для чоловічої статі середнє співвідношення щелеп в сагітальній площині було А-TVP = 13,13мм, В-TVP = 4,81мм, з відповідною різницею в середньому 8,32мм. Для пацієнтів жіночої статі – А-TVP = 12,31мм, В-TVP = 3,23 мм, відповідно різниця становила 9,08мм.

Таблиця 3.21

**Цефалометричні вертикальні параметри аналізу DVB+ для пацієнтів з 2 класом за Енгле́м, поділених за статтю**

Скелетні вертикальні								
Параметр	max знач		min знач		серед знач		SD	
FH-MP	43,30		15,90		28,36		7,17	
FH-PP	14,40		0,10		5,01		4,06	
Go	137,90		98,00		123,43		11,55	
Скелетні вертикальні параметри для чоловіків n=8 та для жінок n=9								
Стать	Ч	Ж	Ч	Ж	Ч	Ж	Ч	Ж
TFH/LFH	80,16	83,25	66,02	66,28	75,30	75,83	4,83	5,28
висота обличчя	104,50	88,50	86,00	68,80	92,09	82,50	6,41	6,34
FH-Me								
нижня висота обличчя ANS-MP	80,60	71,30	57,50	45,60	69,41	62,74	7,24	7,86

При аналізі отриманих цефалометричних вертикальних параметрів можна зробити висновок про відсутність у пацієнтів з 2 класом скелетних вертикальних аномалій – всі параметри знаходяться в межах нормативних значень, які наведені в табл.3.6. (що було критерієм включення).



Таблиця 3.22

**Дентальні цефалометричні параметри для пацієнтів з 2 класом за  
Енглем**

Дентальні параметри				
Параметр	max знач	min знач	серед знач	SD
OB	8,00	0,00	2,02	1,81
OJ	14,00	2,00	6,48	3,24
II	87,90	42,30	61,11	11,49
U1-FH	76,60	44,70	63,78	8,83
L1-FH	78,40	33,70	55,11	11,81
16-26	45,20	32,70	38,92	3,38
Інші параметри, які використовувались для роботи з STL				
PtR-Me	107,10	77,20	92,70	7,72
PtL-Me	108,80	77,40	92,98	7,98
PoR-OrR	82,90	64,90	77,11	5,31
PoL-OrL	84,20	68,50	77,88	4,30
CoR-CoL	130,30	100,30	111,95	9,13

При аналізі дентальних цефалометричних параметрів для пацієнтів з 2 класом спостерігається збільшення параметру OJ  $6.48 \pm 3,24$  мм ( $N=3.2 \pm 1,2$ мм), що характерно для даної патології прикусу, оскільки цей дентальний параметр вказує на співвідношення різців у сагітальній площині.

Таблиця 3.23

**Цефалометричні параметри аналізу DVВ+ для пацієнтів з 3 класом за  
Енглем, поділених за статтю**

Параметр	max знач		min знач		серед знач		SD	
Скелетні сагітальні параметри для чоловіків n=14 та жінок n=17								
Стать	Ч	Ж	Ч	Ж	Ч	Ж	Ч	Ж
A-TVP	17,80	17,00	4,30	0,20	12,53	10,24	4,00	4,90
B-TVP	26,40	25,70	8,40	1,90	18,02	15,98	5,09	6,51
Witts	10,50	9,60	1,60	1,50	5,96	5,83	3,04	2,59
AB-FH	88,00	87,40	69,80	70,80	80,47	80,54	5,32	4,68
Щелепні параметри для чоловіків n=14 та жінок n=17								
	Ч	Ж	Ч	Ж	Ч	Ж	Ч	Ж
MxR-MxA, mm	62,20	59,30	46,60	46,30	56,40	52,38	4,59	3,70
MxL-MxA, mm	62,20	59,10	49,20	46,60	56,55	52,45	4,89	3,56

З таблиці 3.23 результатів цефалометрії пацієнтів з 3 класом за Енглем можна зробити наступні висновки: для чоловіків A-TVP = 12,53мм, B-TVP = 18,02мм, з різницею в середньому -5,49 мм; для жінок - відповідно A-TVP = 10,24мм, B-TVP =15,98мм, відповідно різниця була в середньому -5,74 мм.

Таблиця 3.24

**Цефалометричні вертикальні параметри аналізу DVB+ для пацієнтів з 3 класом за Енглем, поділених за статтю**

Скелетні вертикальні								
Параметр	max знач		min знач		серед знач		SD	
FH-MP	38,30		12,30		22,32		6,69	
FH-PP	13,20		0,70		5,16		2,75	
Go	142,20		111,10		127,73		7,40	
Скелетні вертикальні параметри для чоловіків n=14 та жінок n=17								
	Ч	Ж	Ч	Ж	Ч	Ж	Ч	Ж
TFH/LFH	75,31	79,84	63,67	62,32	69,79	68,72	3,38	4,34
висота обличчя	103,50	105,50	78,50	69,70	91,09	86,09	7,02	9,57
FH-Me								
нижня висота обличчя ANS-MP	71,60	71,00	55,70	46,00	63,46	59,00	4,25	5,82

При аналізі отриманих цефалометричних вертикальних параметрів можна зробити висновок про відсутність у пацієнтів з 3 класом скелетних вертикальних аномалій, але виявились незначні ознаки зменшення висоти обличчя (TFH/LFH в чоловіків = 69,79%, жінок = 68,72%, N=72,8%).

Таблиця 3.25

**Дентальні цефалометричні параметри для пацієнтів з 3 класом за  
Енглем**

Дентальні параметри				
Параметр	max знач	min знач	серед знач	SD
OB	6,20	0,10	2,26	1,73
OJ	-7,80	0,10	-4,14	1,98
II	63,90	36,30	49,69	6,41
U1-FH	77,20	53,60	63,30	5,35
L1-FH	77,50	50,80	66,66	6,33
16-26	48,20	31,50	38,39	4,20
Інші параметри які використовувались для роботи з STL				
PtR-Me	126,70	84,80	101,68	8,58
PtL-Me	127,70	85,70	102,91	8,77
PoR-OrR	89,00	68,50	77,04	5,37
PoL-OrL	90,60	68,80	79,14	5,16
CoR-CoL	139,40	99,60	117,92	9,08

При аналізі отриманих дентальних параметрів у пацієнтів з 3 скелетним класом видно, так само як і у пацієнтів з 2 класом, відхилення від норми параметру OJ =  $-4,14 \pm 1,98$  мм (N= $3.2 \pm 1,2$  мм).

Для лікування пацієнтів 2 та 3 класів без ортогнатичної хірургії можна не враховувати розміри щелеп та сагітальне положення в просторі (A-TVP, B-TVP), а враховувати тільки співвідношення між A-TVP та B-TVP (різниця між двома параметрами) для жінок та чоловіків, оскільки різниця не є клінічно значуща  $\leq 1$  мм.

За даними отриманих результатів, базуючись на основі розробленого нами цефалометричного аналізу DVВ+, після проведеного аналізу оклюзії,



можемо скласти план лікування, передбачаючи видалення окремих зубів, використання мікроімплантів або проведення ортогнатохірургії (рис.3.18)

### Співвідношення A-TVP та B-TVP в мм.

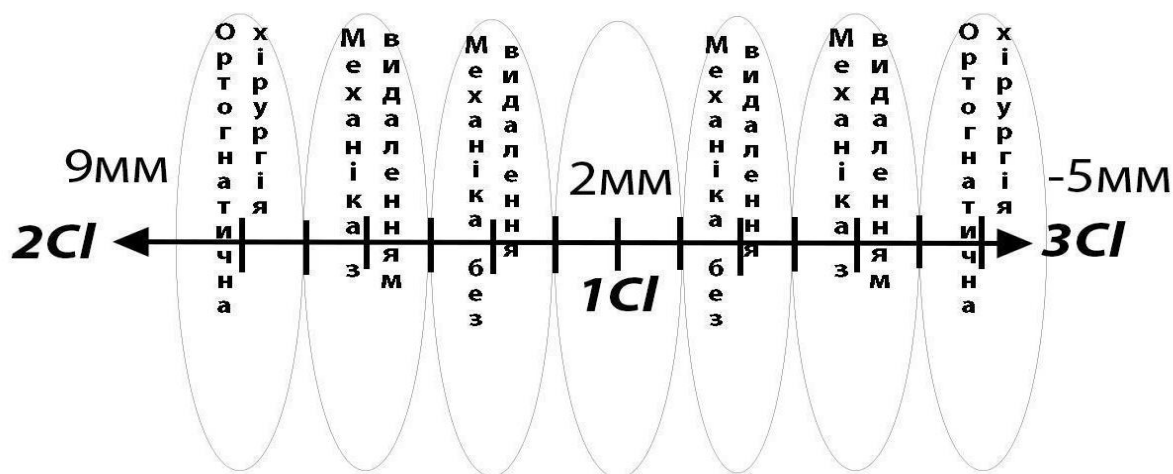


Рис.3.18 Рекомендовані механіки ортодонтичного лікування залежно від величини параметри співвідношення A-TVP та B-TVP

### 3.5 Протокол аналізу оклюзії в Exocad у віртуальному артикуляторі по об'єднаних КПКТ (на прикладі пацієнта).

По протоколу запропонованої нами діагностики, після проведення КПКТ ВЩ і НЩ, лівого і правого СНЩС, об'єднання цих знімків та цефалометричного аналізу, наступним етапом є аналіз оклюзії в сагітальній та трансверзальних площинах у віртуальному артикуляторі в Exocad. Всім 48 пацієнтам, що входили до основної групи дослідження, було проведено аналіз оклюзії в Exocad. Етапи переносу положення верхньої щелепи у віртуальний артикулятор описані в 2 розділі «Матеріали та методи».

За даними цефалометричного аналізу визначався скелетний клас в сагітальній площині (1, 2 чи 3 клас), використовуючи табличні дані, виконували налаштування параметрів артикулятора (рис 3.19).

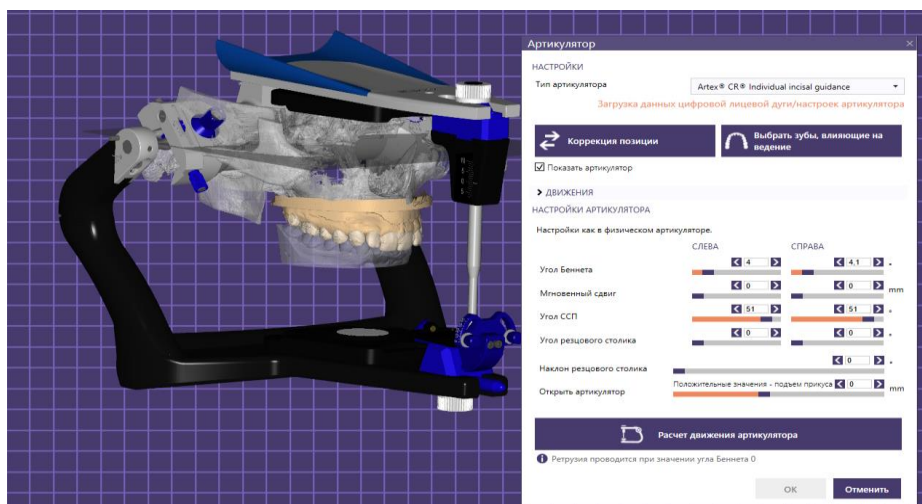


Рисунок 3.19 Положення верхньої щелепи у віртуальному артикуляторі, перенесеної по STL файлу об'єднаного КПКТ файлу з налаштованими параметрами артикулятора по скелетному класу

Після переносу положення верхньої щелепи та налаштування параметрів артикулятора, проводився аналіз оклюзії за запропонованою нами методикою в сагітальній та трансверзальній площині. Отримані дані переносились в таблицю та закріплювались в картку пацієнта.

Приклад.

Пацієнтка М., 28 років

Отримані контакти аналізувались в статичній сагітальній (рис 3.20), трансверзальній (рис. 3.21) та динамічній оклюзії (рис 3.22), окремо для верхньої та нижньої щелепи.

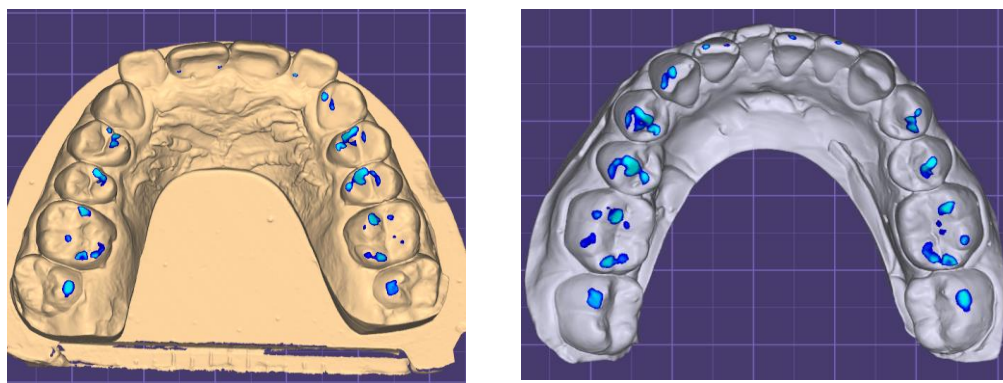


Рисунок 3.20 Статичні оклюзійні контакти верхньої щелепи та нижньої

Таблиця 3.26

**Аналіз контактів в сагітальній площині по розробленому нами методу W зон, який базується на основі морфологічної будови оклюзійної поверхні зубів**

W зони																
3		+													+	
2										+		+				
1	0		+	+	+	-	-	+	-		+	+	+	+		0
			+					+			+			+		
1 сегмент								2 сегмент								
Зуби	8	7	6	5	4	3	2	1	1	2	3	4	5	6	7	8
4 сегмент								3 сегмент								
1	0		+	+	+	-	+	+	-	+	+	+	+	+		0
										+						
2													+	+		
3		+	+									+			+	

(«0»- Зуб відсутній, «+»- контакт наявний, «-»- контакт відсутній)

Результати аналізу статичних контактів:

11 зуб – 2 точкових контакти ріжучого краю 41 зуба на медіальному валику піднебінної поверхні та ріжучого краю 42 зуба на дистальному піднебінному валику (відповідають 1 зоні);

12 зуб- контакт відсутній;

13 зуб – контакт відсутній;

14 зуб – 1 точковий контакт вестибулярного горбика 44 зуба на медіальному крайовому валику (відповідає 1 зоні);

15 зуб - 1 площинний контакт вестибулярного горбика 45 зуба на медіальному крайовому валику та медіальному внутрішньому скаті піднебінного горбика (відповідає 1 зоні);

16 зуб - 2 точкових контакти, 1 медіально-вестибулярного горбика 46 зуба на медіальному крайовому валику, 2 дистально-вестибулярного горбика 46 зуба на косому гребені (відповідають 1 зоні);

17 зуб - 1 площинний контакт медіально-щічного горбика 47 зуба на зовнішньому скаті медіально-піднебінного горбика (відповідає 3 зоні);

21 зуб - контакт відсутній;

22 зуб - 1 точковий контакт дистального краю ріжучої краю 32 зуба на медіальному валику піднебінної поверхні (нормальний контакт відповідає 2 зоні по причині глибокого розташування);

23 зуб – 2 точкових контакта дистального ската рвучого горбика 33 зуба, 1 на медіальному валику піднебінної поверхні (відповідає 1 зоні), 2 контакти дистального ската рвучого горбика 33 зуба на медіальному схилі центрального повздовжнього валика піднебінної поверхні (відповідає 1 зоні);

24 зуб - 1 точковий контакт вестибулярного горбика 34 зуба на медіальному крайовому валику (відповідає 1 зоні);

25 зуб – 1 площинний контакт вестибулярного горбика 35 зуба, займає площу від медіального крайового валика до медіального схилу внутрішнього скату піднебіного горбика (відповідає 1 і 2 зоні);

26 зуб – 2 точкових контакти медіального вестибулярного горбика 36

зуба на медіальному внутрішньому схилі медіального-піднебінного горбика і дистального горбика 36 зуба на дистально внутрішньому схилі дистального піднебіного горбика (відповідають 1 зоні);

27 зуб – 1 площинний контакт медіально-щічного горбика 37 зуба на зовнішньому скаті медіально-піднебінного горбика (відповідає 3 зоні);

31 зуб – контакт відсутній;

32 зуб - 2 точкових контакти на ріжучому краї (відповідає 1 зоні);

33 зуб – точковий контакт на дистальному схилі рвучого горбика (відповідає 1 зоні);

34 зуб – 1 площинний контакт піднебінного горбика 24 зуба на вершині та внутрішньому дистальному схилі язикового горбика (відповідає 3 зоні);

35 зуб - 1 площинний контакт піднебіного горбика 25 зуба на дистальному внутрішньому скаті язикового горбика (відповідає 2 зоні);

36 зуб – 2 точкових контакти, 1 – медіально-піднебінного горбика 26 на повздовжньому скаті медіально-язикового горбика, 2 - дистально-піднебінного горбика 26 зуба на дистальному крайовому валику (відповідає 2 та 1 зоні відповідно);

37 зуб - 1 площинний контакт медіально-піднебіного горбика 27 зуба на зовнішньому скаті медіально-щічного горбика (відповідає 3 зоні);

41 зуб - 1 точковий контакт на ріжучому краї (відповідає 1 зоні);

42 зуб - 1 точковий контакт на ріжучому краї (відповідає 1 зоні);

43 зуб – контакт відсутній;

44 зуб – 1 площинний контакт піднебінного горбика 14 зуба на внутрішньому дистальному схилі вестибулярного горбика (відповідає 1 зоні);

45 зуб – 1 площинний контакт піднебінного горбика 15 зуба на внутрішньому дистальному схилі вестибулярного горбика (відповідає 1 зоні);

46 зуб – 1 точковий та 1 площинний контакт, 1 контакт точковий медіально-піднебінного горбика 16 зуба в центральній фісурі та 1 площинний контакт дистально-піднебінного горбика 16 зуба на дистальному крайовому гребні, який переходить внутрішній дистальний скат дистально-язикового

горбика (відповідає 1 та 3 зоні відповідно);

47 зуб – 1 площинний контакт медіально-піднебіного горбика 17 зуба на зовнішньому скаті медільно-щічного горбика (відповідає 3 зоні).

Аналіз в трансверзальній площині відбувався за запропонованим методом, описаним в 2 розділі «Матеріали та методи», для бокової групи зубів за допомогою модуля Cut view в Exocad, який давав можливість пошарового аналізу, результати аналізу наведені в таблиці 3.27 та на рис.3.21.

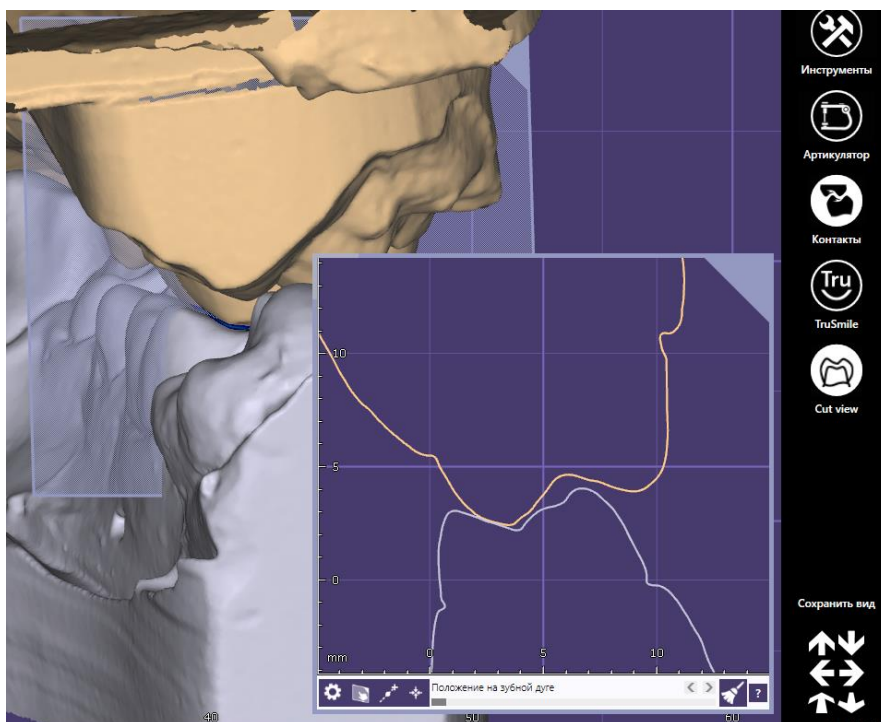


Рисунок 3.21 Модуль Cut view для пошарового аналізу контактів в трансверзальній площині в програмі Exocad

Таблиця 3.27

## Аналіз контактів в трансверзальній площині

2В										
2А								II		
1В		II	II						II	
1А	0		II	II	II	I	II	II		0
Зуби	8	7	6	5	4	4	5	6	7	8
1а	0		II,I	I	I					0
1b		II				I	II	II,II	II	
2а										
2b										

(0- зуб відсутній, «-» - контакт відсутній, I- фісурний контакт, II- контакт горбика і ската гребеня горбика, III- контакт бугорково-бугорковий)

14 зуб – тип контакту 1AII контактує з з 44 зубом внутрішнім скатом піднебінного горбика;

15 зуб – тип контакту 1AII контактує з з 45 зубом внутрішнім скатом піднебінного горбика

16 зуб – 2 типа контактів: перший -1AII контактує з з 46 зубом внутрішнім скатом медіально-піднебінного горбика, та 1BII – контактує з

дистально-язиковим горбиком 46 зуба зовнішнім скатом дистально-піднебінного горбика

17 зуб - тип контакту 1ВІІ – контактує з 47 зубом зовнішнім скатом медіально-піднебінного горбика

24 зуб - тип контакту 1АІІ - контактує з 34 зубом внутрішнім скатом піднебінного горбика

25 зуб - тип контакту 1АІІ - контактує з 35 зубом внутрішнім скатом піднебінного горбика

26 зуб- 2 типа контактів: перший 1АІІ контактує з 36 зубом внутрішнім скатом медіально-піднебінного горбика, другий 2АІІ контактує з 36 зубом внутрішнім скатом дистально-вестибулярного горбика

27 зуб - тип контакту 1ВІІ - контактує з 37 зубом зовнішнім скатом медіально-піднебінного горбика

34 зуб - тип контакту 1bІ контактує з 34 зубом вершиною зовнішнього ската вестибулярного горбика

35 зуб - тип контакту 1bІІ контактує з 25 зубом зовнішнім схилом вестибулярного горбика

36 зуб - 2 типа контакту: перший тип 1bІІ контактує медіально-щічним горбиком зовнішнім скатом з 26 зубом, та 1bІІ контактує з 26 зубом зовнішнім скатом дистально-вестибулярного горбика з 26 зубом

37 зуб -тип контакту 1bІІ контактує з 27 зубом зовнішнім скатом медіально-вестибулярного горбика

44 зуб - тип контакту 1aІ контактує з 14 зубом вершиною вестибулярного горбика

45 зуб- тип контакту 1aІ контактує з 15 зубом вершиною вестибулярного горбика

46 зуб - 2 типа контакту:1aІІ контактує внутрішнім скатом медіально-вестибулярного горбика з 16 зубом, 2 тип 1aІ контактує вершиною дистально-вестибулярного горбика з 16 зубом

47 зуб - тип контакту 1bІІ - контактує зовнішнім схилом вестибулярно-



щічного горбика з 17 зубом

Аналіз динамічної оклюзії проводився наступним чином, як показано в таблиці нижче.

Таблиця 3.28

**Аналіз динамічних рухів нижньої щелепи**

Динамічні рухи	I	C	PM r	PM l	M r	M l
ПЛТ		13-43				
ЛТР	21-31					
П	11,41					

(I-різці, C-ікла, PM r-премоляри справа, PM l- премоляри зліва, M r-моляри справа, M l- моляри зліва, зуб який в контакті записується номером в відповідний рядок при відповідному русі)

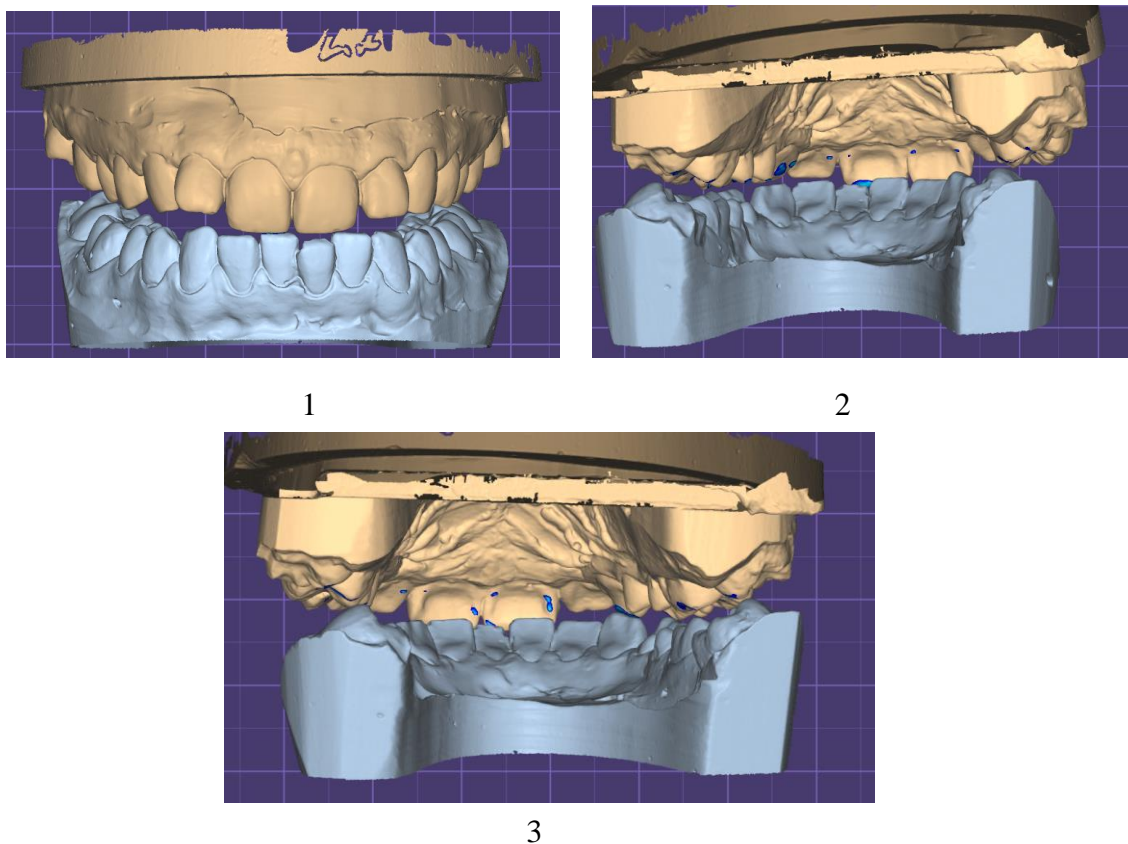


Рисунок 3.22 Динамічна оклюзія 1- протрузія, 2 – ліва латеротрузія, 3- права латеротрузія.

**Висновок:**

Статична оклюзія: перехресний прикус на 17-47 та 27-37, відсутність контакту на 12 та 13, 32 зубах. Патологічний контакт на дистально-язиковому бугрі 46 зуба.

Динамічна оклюзія: справа- іклова направляюча, зліва- аксіопатичні трасування по 11-41 зубі, відсутність іклової та групової функції), протрузія- контакт 11-41 і відсутність 21-31.

Аналіз оклюзії є необхідною частиною планування ортодонтичного лікування з метою усунення аксіопатичних трасувань (травматичні інверсії), які можуть бути причиною в майбутньому рецидиву лікування та розвитку суглобової дисфункції, втрати зубів та розвитку парадонтологічних ускладнень.

## ВИСНОВКИ

У дисертаційній роботі наведено теоретичне узагальнення результатів проведених досліджень та вирішення актуального науково-практичного завдання сучасної стоматології - підвищення якості та ефективності діагностичних алгоритмів та розробки нових протоколів діагностики для ортодонтичних пацієнтів, що покращать складання плану та вибору методів лікування в кожному індивідуальному клінічному випадку.

1. На основі ретроспективного аналізу баз 2305 КПКТ зображень черепів було відібрано 41 пацієнта, які відповідали загальноприйнятій нормі в ортодонції та розроблено цефалометричний аналіз для середнього FOV і сформовано базу референтних нормативних параметрів. Нами встановлено сильний лінійний кореляційний зв'язок ( $r = 0,96$  для чоловіків, та  $r = 0,99$  для жінок) між сагітальними розмірами верхньої щелепи та її просторовим положенням відносно TVP (цефалометричний параметр A-TVP).

2. Запропоновано протокол діагностики пацієнтів, що включає в себе проведення КПКТ верхньої та нижньої щелепи і обох СНЩС (лівого та правого) з наступним об'єднанням знімків з використанням САД технологій для проведення 3D цефалометрії; отримання відбитків/сканів верхніх та нижніх зубних рядів з аналізом статичної оклюзії в сагітальній та трансверзальній площині і динамічної оклюзії у віртуальному артикуляторі з налаштуванням параметрів (сагітального суглобового шляху/кута Беннета) по скелетному класу патології прикусу пацієнта за класифікацією Енгля.

3. Розроблено та запропоновано алгоритм переносу положення верхньої щелепи у віртуальний артикулятор, використовуючи STL файли, зроблені з КПКТ об'єднаних знімків з додаванням франкфуртської площини та допоміжного трикутника на латеральні полюси головок СНЩС.

4. На основі клінічного обстеження пацієнтів з 1 класом за Енглем розроблено та запропоновано метод аналізу статичних оклюзійних контактів (метод W зон), що базується на анатомо-морфологічній будові оклюзійної

поверхні зубів.

5. Розроблено практичні рекомендації по вибору механіки ортодонтичного лікування для пацієнтів з 2/3 класом залежно від співвідношення щелеп (різниця між A-TVP та B-TVP).

## ПРАКТИЧНІ РЕКОМЕНДАЦІЇ

1. Пацієнтам, яким планується проведення ортодонтичного лікування, рекомендовано використовувати наступний протокол та алгоритм діагностики:

- клінічний огляд та обстеження
- отримання вібитків з верхньої та нижньої щелепи (або сканів), з наступним сканування
- проведення КПКТ верхньої/нижньої щелепи та СНЩС
- об'єднання знімків в програмі Mimics Medical
- 3D цефалометричний аналіз на основі об'єднаних знімків для встановлення діагнозу в сагітальній площині, що в майбутньому буде використано для вибору механіки ортодонтичного лікування та налаштування індивідуальних параметрів віртуального артикулятора
- рендерінг STL файлу з об'єднаних КПКТ знімків з додаванням франкфурської горизонталі та трикутника на латеральні полюси головок СНЩС для зручного переносу положення верхньої щелепи в віртуальний артикулятор та налаштування індивідуальних параметрів залежно від скелетного класу встановленого після 3D цефалометрії.
- Аналіз статичної оклюзії в сагітальній та трансверзальній площині та динамічних рухів нижньої щелепи в віртуальному артикуляторі з метою виявлення аксіопатичних трасувань та їх корекції під час лікування для попередження розвитку рецидивів після лікування.

Даний алгоритм та протокол діагностики дозволяє скласти план лікування, який буде індивідуальним в кожному конкретному клінічному випадку, дає змогу зменшити DAP для пацієнта, підвищити DRL та скоротити клінічний прийом пацієнта: пацієнту в стоматологічному кріслі проводять обстеження та огляд і отримують відбитки, всі наступні маніпуляції проводяться в зручний для лікаря час та за комп'ютером.

Запропонований нами протокол діагностики можна використовувати в

ортопедичній і гнатологічній практиці та при плануванні ортогнатичної хірургії.

2. На основі отриманих даних, пацієнтам з сагітальними аномаліями прикусу, нами рекомендовано використовувати наступні механіки ортодонтичного лікування залежно від параметрів отриманих після проведеного цефалометричного дослідження (A-TVP до B-TVP), без враховування дефіциту місця в зубній дузі (при наявності скупченості або піднебінному/вестибулярному положенні окремих зубів).

Для пацієнтів з дистальним прикусом (2 клас за Енглем):

- A-TVP–B-TVP = 4-7 мм механіка без видалення зубів (використання міжщелепних еластиків, дисталізація/мезіалізація зубів);

- A-TVP–B-TVP = 8-11 мм механіка з видалення зубів і закриттям постекстракційних проміжків;

- A-TVP–B-TVP = 11 мм і більше показання до ортогнатичної хірургії;

Для пацієнтів з мезіальним прикусом (3 клас за Енглем):

- A-TVP–B-TVP = 0–3 мм механіка без видалення зубів (використання міжщелепних еластиків, дисталізація/мезіалізація зубів);

- A-TVP–B-TVP = -4-7 мм механіка з видаленням зубів і закриттям постекстракційних проміжків;

- A-TVP–B-TVP = -8 мм і більше показання до ортогнатичної хірургії

## СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Гутовська Ю, Курєдова ВД. Використання артикулятора в ортодонтичній практиці. Укр стоматол альманах. 2021;3(дод.):25. Доступно з: [http://repository.pdmu.edu.ua/bitstream/123456789/16832/1/Vikoristanny\\_.pdf](http://repository.pdmu.edu.ua/bitstream/123456789/16832/1/Vikoristanny_.pdf)
2. Дрогомирецька МС, Гергель ІМ, Єзерська ОО. Використання апарату T-SCAN III у ортодонтії. Вісник стоматології. 2013;1:180-181. Доступно з: [http://nbuv.gov.ua/UJRN/VSL\\_2013\\_1\\_60](http://nbuv.gov.ua/UJRN/VSL_2013_1_60)
3. Лихота КМ. Оцінка динаміки оклюзійних співвідношень під час ортодонтичного лікування пацієнтів у постійному прикусі. Укр стоматол альманах. 2018;4:50-54. doi: <https://doi.org/10.31718/2409-0255.4.2018.09>
4. Aaron A, Weinstein D, Thickman D, Eilert R. Comparison of orthoroentgenography and computed tomography in the measurement of limb-length discrepancy. J Bone Joint Surg Am. 1992 Jul;74(6):897-902. PMID: 1634580
5. Aichinger C. Orthodontic dental casts: the case against routine articulator mounting. Am J Orthod Dentofacial Orthop. 2012 May;141(5):527; author reply 527-8. doi: 10.1016/j.ajodo.2012.03.007.
6. Alpern MC, Alpern AH. Innovation in dentistry: the polycentric occlusal system. In: Alpern MC, editor. The ortho evolution— the science and principles behind fixed/functional/splint ortho- dontics. Bohemia, NY: GAC International; 2003. 68 p.
7. American Association of Orthodontists Clinical Practice Guidelines for Orthodontics and Dentofacial Orthopedics 2014. Available at: <https://www.aaoinfo.org/system/files/media/documents/2014%20Clinical%20Practice%20Guidelines.Pdf>
8. American Board of Orthodontics website. [Accessed 6 March 2018]. Available at: <https://www.americanboardortho.com/media/5024/ceph-tracing.pdf> .
9. American dental association Council on Scientific Affairs; U.S. Department of health and human services Public Health Service Food and Drug Administration. Dental Radiographic Examinations: Recommendations for Patient

Selection and Limiting Radiation Exposure. REVISED: 2012. 29 p. [Accessed July 11, 2021]. Available: <https://www.fda.gov/media/84818/download>.

10. Anderson AA, Anderson AC, Hornbuckle AC, Hornbuckle K. Biological derivation of a range of cephalometric norms for children of African American descent (after Steiner). *Am J Orthod Dentofacial Orthop*. 2000 Jul;118(1):90-100. doi: 10.1067/mod.2000.103258. PMID: 10893478.

11. Athanasiou AE. *Orthodontic Cephalometry*. London: Mosby-Wolfe; 1995. 288 p.

12. Ayala Perez C, de Alba JA, Caputo AA, Chaconas SJ. Canine retraction with J hook headgear. *Am J Orthod*. 1980 Nov;78(5):538-47. doi: 10.1016/0002-9416(80)90304-8.

13. Baharian S, Barakatt M, Gignoux CR, Shringarpure S, Errington J, Blot WJ, Bustamante CD, Kenny EE, Williams SM, Aldrich MC, Gravel S. The Great Migration and African-American Genomic Diversity. *PLoS Genet*. 2016 May 27;12(5):e1006059. doi: 10.1371/journal.pgen.1006059. PMID: 27232753; PMCID: PMC4883799.

14. Basyouni AA, Nanda SR. *An Atlas of the Transverse Dimensions of the Face*. Craniofacial Growth Series 37. University of Michigan Center for Human Growth and Development; 2000. 235 p.

15. Baumrind S, Carlson S, Beers A, Curry S, Norris K, Boyd RL. Using three-dimensional imaging to assess treatment outcomes in orthodontics: a progress report from the University of the Pacific. *Orthod Craniofac Res*. 2003;6 Suppl 1:132-42. doi: 10.1034/j.1600-0544.2003.246.x.

16. Baumrind S, Frantz RC. The reliability of head film measurements. 1. Landmark identification. *Am J Orthod*. 1971 Aug;60(2):111-27. doi: 10.1016/0002-9416(71)90028-5.

17. Beers AC, Choi W, Pavlovskaja E. Computer-assisted treatment planning and analysis. *Orthod Craniofac Res*. 2003;6 Suppl 1:117-25. doi: 10.1034/j.1600-0544.2003.224.x.

18. Behrents RG. *Growth in the aging craniofacial skeleton* : monograph.



Craniofacial Growth Series 17. University of Michigan; 1985.

19. Bishara SE, Jakobsen JR. Changes in overbite and face height from 5 to 45 years of age in normal subjects. *Angle Orthod.* 1998 Jun;68(3):209-16. doi: 10.1043/0003-3219(1998)068<0209:CIOAFH>2.3.CO;2

20. Bishara SE, Treder JE, Jakobsen JR. Facial and dental changes in adulthood. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 1994 Aug;106(2):175-86. doi: 10.1016/S0889-5406(94)70036-2.

21. Broadbent BH Sr, Broadbent BH Jr, Golden WH. *Bolton Standards of Dentofacial Developmental Growth.* St Louis: C.V. Mosby; 1975. 166 p.

22. Broadbent BH. A new x-ray technique and its application to orthodontia. *Angle Orthod.* 1931;1:45.

23. Broadbent BH. Investigations of the orbital plane. *Dental Cosmos* 1927;69(8):797–805.

24. Broadbent BH. The orthodontic value of studies in facial growth. In: *Physical and Mental Adolescent Growth [The Proceedings of the Conference on Adolescence, 17–18 October 1930, Cleveland, OH].*

25. Buduru S, Culic B, Talmaceanu D, Pal A. A comparative study of the accuracy of five CAD-CAM systems. *Med Pharm Rep.* 2019 Apr;92(2):185-191. doi: 10.15386/cjmed-1131. Epub 2019 Apr 25. PMID: 31086848; PMCID: PMC6510363.

26. Burlington Growth Study. [Accessed 16 March 2018]. Available at: [https://www.aaoflegacycollection.org/aaof\\_collection.html?id=UTBurlington](https://www.aaoflegacycollection.org/aaof_collection.html?id=UTBurlington)

27. Casco JS, Shepherd WB. Dental and skeletal variation within the range of normal. *Angle Orthod.* 1984 Jan;54(1):5-17. doi: 10.1043/0003-3219(1984)054<0005:DASVWT>2.0.CO;2.

28. Chaconas SJ, Caputo AA, Davis JC. The effects of orthopedic forces on the craniofacial complex utilizing cervical and headgear appliances. *Am J Orthod.* 1976 May;69(5):527-39. doi: 10.1016/s0002-9416(76)80026-7.

29. Chadwick JW, Prentice RN, Major PW, Lam EW. Image distortion and magnification of 3 digital CCD cephalometric systems. *Oral Surg Oral Med Oral*

Pathol Oral Radiol Endod. 2009 Jan;107(1):105-12. doi: 10.1016/j.tripleo.2008.09.025.

30. Chen YJ, Chen SK, Yao JC, Chang HF. The effects of differences in landmark identification on the cephalometric measurements in traditional versus digitized cephalometry. *Angle Orthod.* 2004 Apr;74(2):155-61. doi: 10.1043/0003-3219(2004)074<0155:TEODIL>2.0.CO;2.

31. Clark JR, Hutchinson I, Sandy JR. Functional occlusion: II. The role of articulators in orthodontics. *J Orthod.* 2001 Jun;28(2):173-7. doi: 10.1093/ortho/28.2.173. PMID: 11395534.

32. Cohen AM. Uncertainty in cephalometrics. *Br J Orthod.* 1984 Jan;11(1):44-8. doi: 10.1179/bjo.11.1.44.

33. Cordray FE. Centric relation treatment and articulator mountings in orthodontics. *Angle Orthod.* 1996;66(2):153-8. doi: 10.1043/0003-3219(1996)066<0153:CRTAAM>2.3.CO;2. PMID: 8712494.

34. Cotton WN, Takano WS, Wong WM. The Downs analysis applied to three other ethnic groups. *Angle Orthod.* 1951 Oct;21(4):213-20. doi: 10.1043/0003-3219(1951)021<0213:TDAATT>2.0.CO;2. PMID: 14894868.

35. Dakhno LA, Vyshemyrska T, Burlakov P, Goncharuk-Khomyn M, Rashchenko N. New Three-Dimensional Cephalometric Analysis Based on Medium Field of View CBCT Scans: Setting of Normality Values for the 7-12 Years Old Children. *J of Int Dental & Med Res.* 2023;16(4):1687-1700. Available at: [https://www.jidmr.com/journal/wp-content/uploads/2023/12/46-D23\\_2948\\_Myrosлав\\_Goncharuk\\_Khomyn\\_Ukraine.pdf](https://www.jidmr.com/journal/wp-content/uploads/2023/12/46-D23_2948_Myrosлав_Goncharuk_Khomyn_Ukraine.pdf)

36. Dakhno L, Vyshemyrska T, Burlakov P, Storozhenko K, Flis P. [ASSESSMENT OF THE FEASIBILITY OF USING CONE-BEAM COMPUTED TOMOGRAPHY IN CHILDREN FOR DIAGNOSTICS, 3D CEPHALOMETRY AND PLANNING ORTHODONTIC TREATMENT (REVIEW)]. *Georgian Med News.* 2022 Feb;(323):54-60. PMID: 35271471

37. Dakhno L, Vyshemyrska T, Flis P, Burlakov P. [COMPARATIVE TRANSVERSAL EVALUATION OF UPPER JAW FOLLOWING RAPID

MAXILLARY EXPANSION IN THE MIXED DENTITION PERIOD. CBCT ANALYSIS]. *Georgian Med News*. 2021 Jul-Aug;(316-317):96-102. PMID: 34511453

38. DeFranco JC, Koenig HA, Burstone CJ. Three-dimensional large displacement analysis of orthodontic appliances. *J Biomech*. 1976;9(12):793-801. doi: 10.1016/0021-9290(76)90187-1.

39. Dewey MN, Riesner S. A radiographic study of facial deformity. *Int J Orthod*. 1948;14:261–267.

40. Dibbets JM, Nolte K. Comparison of linear cephalometric dimensions in Americans of European descent (Ann Arbor, Cleveland, Philadelphia) and Americans of African descent (Nashville). *Angle Orthod*. 2002 Aug;72(4):324-30. doi: 10.1043/0003-3219(2002)072<0324:COLCDI>2.0.CO;2. PMID: 12169032.

41. Downs WB. Variations in facial relationships; their significance in treatment and prognosis. *Am J Orthod*. 1948 Oct;34(10):812-40. doi: 10.1016/0002-9416(48)90015-3.

42. Ellis PE, Benson PE. Does articulating study casts make a difference to treatment planning? *J Orthod*. 2003 Mar;30(1):45-9; discussion 22-3. doi: 10.1093/ortho/30.1.45. PMID: 12644607.

43. Formby WA, Nanda RS, Currier GF. Longitudinal changes in the adult facial profile. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*. 1994 May;105(5):464-76. doi: 10.1016/S0889-5406(94)70007-9.

44. Freeland TD. Articulators in Orthodontics. *Seminars in Orthodontics*. 2012;18(1): 51-62. doi: [10.1053/j.sodo.2011.10.002](https://doi.org/10.1053/j.sodo.2011.10.002)

45. Garib DG, Henriques JF, Janson G, Freitas MR, Coelho RA. Rapid maxillary expansion--tooth tissue-borne versus tooth-borne expanders: a computed tomography evaluation of dentoskeletal effects. *Angle Orthod*. 2005 Jul;75(4):548-57. doi: 10.1043/0003-3219(2005)75[548:RMETVT]2.0.CO;2

46. Garrett BJ, Caruso JM, Rungcharassaeng K, Farrage JR, Kim JS, Taylor GD. Skeletal effects to the maxilla after rapid maxillary expansion assessed with cone-beam computed tomography. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*. 2008

Jul;134(1):8-9. doi: 10.1016/j.ajodo.2008.06.004.

47. Gärtner C, Kordass B. The virtual articulator: development and evaluation. *Int J Comput Dent*. 2003 Jan;6(1):11-24. English, German. PMID: 12838585.

48. Goldenberg DC, Alonso N, Goldenberg FC, Gebrin ES, Amaral TS, Scanavini MA, Ferreira MC. Using computed tomography to evaluate maxillary changes after surgically assisted rapid palatal expansion. *J Craniofac Surg*. 2007 Mar;18(2):302-11. doi: 10.1097/scs.0b013e3180336012.

49. Gravely JF, Benzies PM. The clinical significance of tracing error in cephalometry. *Br J Orthod*. 1974 Apr;1(3):95-101. doi: 10.1179/bjo.1.3.95.

50. Gu Y, McNamara JA Jr, Sigler LM, Baccetti T. Comparison of craniofacial characteristics of typical Chinese and Caucasian young adults. *Eur J Orthod*. 2011 Apr;33(2):205-11. doi: 10.1093/ejo/cjq054. Epub 2010 Aug 13. PMID: 20709723.

51. Habersack K, Karoglan A, Sommer B, Benner KU. High-resolution multislice computerized tomography with multiplanar and 3-dimensional reformation imaging in rapid palatal expansion. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*. 2007 Jun;131(6):776-81. doi: 10.1016/j.ajodo.2005.09.030.

52. Hall EJ, Giaccia AJ. Chapter 23: Time, dose, and fractionation in radiotherapy. In: Hall E, Giaccia A, Eds. *Radiobiology for the Radiologist*. Edition 7th. Philadelphia: Lippincott Williams & Wolters Kluwer; 2012, pp. 391-411.

53. Hannam AG. Dynamic modeling and jaw biomechanics. *Orthod Craniofac Res*. 2003;6 Suppl 1:59-65. doi: 10.1034/j.1600-0544.2003.236.x.

54. Hildebolt CF, Vannier MW, Knapp RH. Validation study of skull three-dimensional computerized tomography measurements. *Am J Phys Anthropol*. 1990 Jul;82(3):283-94. doi: 10.1002/ajpa.1330820307.

55. Hirsch E, Wolf U, Heinicke F, Silva MA. Dosimetry of the cone beam computed tomography Veraviewepocs 3D compared with the 3D Accuitomo in different fields of view. *Dentomaxillofac Radiol*. 2008 Jul;37(5):268-73. doi: 10.1259/dmfr/23424132.

56. Hofrath H. Die Bedeutung der Rontgenfern und Abstandsaufnahme für die Diagnostic der Kieferanomalien. *Fortschr Orthod.* 1931;1:232–258.
57. Houston WJ, Maher RE, McElroy D, Sherriff M. Sources of error in measurements from cephalometric radiographs. *Eur J Orthod.* 1986 Aug;8(3):149-51. doi: 10.1093/ejo/8.3.149.
58. Hu L, Zhao Z, Song J, Fan Y, Jiang W, Chen J. [The influences of the stress distribution on the condylar cartilage surface by Herbst appliance under various bite reconstruction--a three dimensional finite element analysis]. *Hua Xi Kou Qiang Yi Xue Za Zhi.* 2001 Feb;19(1):46-8. Chinese. PMID: 12539638
59. Huang WJ, Taylor RW, Dasanayake AP. Determining cephalometric norms for Caucasians and African Americans in Birmingham. *Angle Orthod.* 1998 Dec;68(6):503-11; discussion 512. doi: 10.1043/0003-3219(1998)068<0503:DCNFCA>2.3.CO;2. PMID: 9851347.
60. Hudson JM. Articulators in orthodontics. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 2012 May;141(5):528-9. doi: 10.1016/j.ajodo.2012.03.009. PMID: 22554738.
61. Inami K, Higashi Yu, Chen K-Ch, Kanagawa T, Matsumoto N. Prediction of dentofacial changes induced by an articulator intended for orthognathic surgery. *J Osaka DentUniv Japan.* 2019; 53(2):161–169.
62. Kamoen A, Dermaut L, Verbeeck R. The clinical significance of error measurement in the interpretation of treatment results. *Eur J Orthod.* 2001 Oct;23(5):569-78. doi: 10.1093/ejo/23.5.569.
63. Kelleher R. Common sense, open mind needed. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 2006 Jun;129(6):719. doi: 10.1016/j.ajodo.2006.04.013. PMID: 16769485.
64. Klinge B, Petersson A, Maly P. Location of the mandibular canal: comparison of macroscopic findings, conventional radiography, and computed tomography. *Int J Oral Maxillofac Implants.* 1989 Winter;4(4):327-32. PMID: 2639861.
65. Kortensniemi M. Dosimetry and image quality of four dental cone beam computed tomography scanners compared with multislice computed tomography

scanners. *Dentomaxillofac Radiol.* 2009 Sep;38(6):367-78. doi: 10.1259/dmfr/15779208.

66. Kragstov J, Bosch C, Gyldensted C, Sindet-Pedersen S. Comparison of the reliability of craniofacial anatomic landmarks based on cephalometric radiographs and three-dimensional CT scans. *Cleft Palate Craniofac J.* 1997 Mar;34(2):111-6. doi: 10.1597/1545-1569\_1997\_034\_0111\_cotroc\_2.3.co\_2.

67. Krogman WM, Sassouni V. *Syllabus in Roentgenographic Cephalometry.* Philadelphia: College Offset; 1957. 363 p.

68. Kula TJ 3rd, Ghoneima A, Eckert G, Parks ET, Utreja A, Kula K. Two-dimensional vs 3-dimensional comparison of alveolar bone over maxillary incisors with A-point as a reference. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 2017 Dec;152(6):836-847.e2. doi: 10.1016/j.ajodo.2017.05.030.

69. Kwak JH, Chen E. An Overview of the American Board of Orthodontics Certification Process. *APOS Trends in Orthodontics.* 2018; 8(1):14 doi:[10.4103/apos.apos\\_2\\_18](https://doi.org/10.4103/apos.apos_2_18)

70. Lagravère MO, Gordon JM, Guedes IH, Flores-Mir C, Carey JP, Heo G, Major PW. Reliability of traditional cephalometric landmarks as seen in three-dimensional analysis in maxillary expansion treatments. *Angle Orthod.* 2009 Nov;79(6):1047-56. doi: 10.2319/010509-10R.1

71. Lemieux G, Carey JP, Flores-Mir C, Secanell M, Hart A, Lagravère MO. Precision and accuracy of suggested maxillary and mandibular landmarks with cone-beam computed tomography for regional superimpositions: An in vitro study. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 2016 Jan;149(1):67-75. doi: 10.1016/j.ajodo.2015.06.025.

72. Lewandowska A, Mańka-Malara K, Kostrzewa-Janicka J. Sagittal Condylar Inclination and Transversal Condylar Inclination in Different Skeletal Classes. *J Clin Med.* 2022 May 9;11(9):2664. doi: 10.3390/jcm11092664. PMID: 35566792; PMCID: PMC9104711.

73. Lindauer SJ, Sabol G, Isaacson RJ, Davidovitch M. Condylar movement and mandibular rotation during jaw opening. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 1995

Jun;107(6):573-7. doi: 10.1016/s0889-5406(95)70099-4. PMID: 7771361.

74. Liu JK, Chen YT, Cheng KS. Accuracy of computerized automatic identification of cephalometric landmarks. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*. 2000 Nov;118(5):535-40. doi: 10.1067/mod.2000.110168

75. Loddi PP, Pereira MD, Wolosker AB, Hino CT, Kreniski TM, Ferreira LM. Transverse effects after surgically assisted rapid maxillary expansion in the midpalatal suture using computed tomography. *J Craniofac Surg*. 2008 Mar;19(2):433-8. doi: 10.1097/SCS.0b013e318163e2f5

76. Lou L, Lagravere MO, Compton S, Major PW, Flores-Mir C. Accuracy of measurements and reliability of landmark identification with computed tomography (CT) techniques in the maxillofacial area: a systematic review. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod*. 2007 Sep;104(3):402-11. doi: 10.1016/j.tripleo.2006.07.015.

77. Ludlow JB, Ivanovic M. Comparative dosimetry of dental CBCT devices and 64-slice CT for oral and maxillofacial radiology. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod*. 2008 Jul;106(1):106-14. doi: 10.1016/j.tripleo.2008.03.018.

78. Ludlow JB, Timothy R, Walker C, Hunter R, Benavides E, Samuelson DB, Scheske MJ. Effective dose of dental CBCT-a meta analysis of published data and additional data for nine CBCT units. *Dentomaxillofac Radiol*. 2015;44(1):20140197. doi: 10.1259/dmfr.20140197.

79. Lurie AG. Doses, Benefits, Safety, and Risks in Oral and Maxillofacial Diagnostic Imaging. *Health Phys*. 2019 Feb;116(2):163-169. doi: 10.1097/HP.0000000000001030.

80. Mah J, Hatcher D. Current status and future needs in craniofacial imaging. *Orthod Craniofac Res*. 2003;6 Suppl 1:10-6; discussion 179-82. doi: 10.1034/j.1600-0544.2003.230.x.

81. Mah J. 3-dimensional visualization of impacted maxillary cuspids. *AADMRT Newsletter*, Winter. 2003. Available at: <http://www.aadmrt.com/article-1---2003.html>

82. Major PW, Johnson DE, Hesse KL, Glover KE. Effect of head orientation on posterior anterior cephalometric landmark identification. *Angle Orthod.* 1996;66(1):51-60. doi: 10.1043/0003-3219(1996)066<0051:EOHOOP>2.3.CO;2.
83. Major PW, Johnson DE, Hesse KL, Glover KE. Landmark identification error in posterior anterior cephalometrics. *Angle Orthod.* 1994;64(6):447-54. doi: 10.1043/0003-3219(1994)064<0447:LIEIPA>2.0.CO;2.
84. Maki K, Inou N, Takanishi A, Miller AJ. Computer-assisted simulations in orthodontic diagnosis and the application of a new cone beam X-ray computed tomography. *Orthod Craniofac Res.* 2003;6 Suppl 1:95-101; discussion 179-82. doi: 10.1034/j.1600-0544.2003.241.x
85. Marmary Y, Zilberman Y, Mirsky Y. Use of foramina spinosa to determine skull midlines. *Angle Orthod.* 1979 Oct;49(4):263-8. doi: 10.1043/0003-3219(1979)049<0263:UOFSTD>2.0.CO;2.
86. Martin D, Cocconi R. Orthodontic dental casts: the case for routine articulator mounting. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 2012 Jan;141(1):8-14. doi: 10.1016/j.ajodo.2011.11.007. PMID: 22196179.
87. Matteson SR, Bechtold W, Phillips C, Staab EV. A method for three-dimensional image reformation for quantitative cephalometric analysis. *J Oral Maxillofac Surg.* 1989 Oct;47(10):1053-61. doi: 10.1016/0278-2391(89)90180-8.
88. McClure SR, Sadowsky PL, Ferreira A, Jacobson A. Reliability of digital versus conventional cephalometric radiology: A comparative evaluation of landmark identification error. *Semin Orthod.* 2005;11:98–110. Available at: <https://api.semanticscholar.org/CorpusID:73081772>
89. McWilliam JS, Welander U. The effect of image quality on the identification of cephalometric landmarks. *Angle Orthod.* 1978 Jan;48(1):49-56. doi: 10.1043/0003-3219(1978)048<0049:TEOIQO>2.0.CO;2.
90. Meehan M, Teschner M, Girod S. Three-dimensional simulation and prediction of craniofacial surgery. *Orthod Craniofac Res.* 2003;6 Suppl 1:102-7. doi: 10.1034/j.1600-0544.2003.242.x.
91. Miller RJ, Kuo E, Choi W. Validation of Align Technology's Treat III



digital model superimposition tool and its case application. *Orthod Craniofac Res.* 2003;6 Suppl 1:143-9. doi: 10.1034/j.1600-0544.2003.247.x.

92. Miracle AC, Mukherji SK. Conebeam CT of the head and neck, part 2: clinical applications. *AJNR Am J Neuroradiol.* 2009 Aug;30(7):1285-92. doi: 10.3174/ajnr.A1654.

93. Mohl ND. Temporomandibular disorders: the role of occlusion, TMJ imaging, and electronic devices. A diagnostic update. *J Am Coll Dent.* 1991 Fall;58(3):4-10. PMID: 1960300.

94. Moss JP, Ismail SF, Hennessy RJ. Three-dimensional assessment of treatment outcomes on the face. *Orthod Craniofac Res.* 2003;6 Suppl 1:126-31; discussion 179-82. doi: 10.1034/j.1600-0544.2003.245.x.

95. Naji P, Alsufyani NA, Lagravère MO. Reliability of anatomic structures as landmarks in three-dimensional cephalometric analysis using CBCT. *Angle Orthod.* 2014 Sep;84(5):762-72. doi: 10.2319/090413-652.1.

96. Pacini AJ. Roentgen ray anthropometry of the skull. *J Radiol* 1922;42: 230–238, 322–331, 418–426.

97. Padrós R, Giner L, Herrero-Climent M, Falcao-Costa C, Ríos-Santos JV, Gil FJ. Influence of the CAD-CAM Systems on the Marginal Accuracy and Mechanical Properties of Dental Restorations. *Int J Environ Res Public Health.* 2020 Jun 15;17(12):4276. doi: 10.3390/ijerph17124276. PMID: 32549291; PMCID: PMC7345425.

98. Palomo JM, Rao PS, Hans MG. Influence of CBCT exposure conditions on radiation dose. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod.* 2008 Jun;105(6):773-82. doi: 10.1016/j.tripleo.2007.12.019. Epub 2008 Apr 18.

99. Park JH, Lee GH, Moon DN, Kim JC, Park M, Lee KM. A digital approach to the evaluation of mandibular position by using a virtual articulator. *J Prosthet Dent.* 2021 Jun;125(6):849-853. doi: 10.1016/j.prosdent.2020.04.002. Epub 2020 Jul 2. PMID: 32624222.

100. Pecora NG, Baccetti T, McNamara JA Jr. The aging craniofacial complex: a longitudinal cephalometric study from late adolescence to late adulthood.

Am J Orthod Dentofacial Orthop. 2008 Oct;134(4):496-505. doi: 10.1016/j.ajodo.2006.11.022.

101. Port RM. Articulators and gnathology: better care is the real goal. Am J Orthod Dentofacial Orthop. 2006 Jun;129(6):718. doi: 10.1016/j.ajodo.2006.04.006. PMID: 16769481.

102. Richardson ER. Atlas of Craniofacial Growth in Americans of African Descent: monograph. Craniofacial Growth Series 26. University of Michigan; 1991.

103. Riedal R. An analysis of dentofacial relationships. Am J Orthod. 1957;43:103–119.

104. Rinchuse DJ, Kandasamy S. Articulators in orthodontics: an evidence-based perspective. Am J Orthod Dentofacial Orthop. 2006 Feb;129(2):299-308. doi: 10.1016/j.ajodo.2005.03.019. PMID: 16473725.

105. Rinchuse DJ, Kandasamy S. Myths of orthodontic gnathology. Am J Orthod Dentofacial Orthop. 2009 Sep;136(3):322-30. doi: 10.1016/j.ajodo.2008.04.021. PMID: 19732665.

106. Rinchuse DJ, Kandasamy S. Orthodontic dental casts: the case against routine articulator mounting. Am J Orthod Dentofacial Orthop. 2012 Jan;141(1):9-16. doi: 10.1016/j.ajodo.2011.11.008. PMID: 22196180.

107. Rinchuse DJ, Kandasamy S, Rinchuse DJ. Word of mouth—articulators in orthodontics: chewing the facts. Part 1. Orthod Products. 2007;14:152-5.

108. Rinchuse DJ, Kandasamy S, Rinchuse DJ. Word of mouth-articulators in orthodontics: chewing the facts. Part 2. Orthod Products. 2007; 14:40-2.

109. Rinchuse DJ, Rinchuse DJ. The impact of the American Dental Association's guidelines for the examination, diagnosis, and management of temporomandibular disorders on orthodontic practice. Am J Orthod. 1983 Jun;83(6):518-22. PMID: 6574709.

110. Riolo ML, Moyers RE, McNamara JA, Hunter WS. An Atlas of Craniofacial Growth: Cephalometric Standards from the University School Growth Study: monograph. Craniofacial Growth Series 2. University of Michigan; 1974.

111. Roth RH. Functional occlusion for the orthodontist. *J Clin Orthod.* 1981 Jan;15(1):32-40, 44-51 contd. PMID: 6940863.
112. Rowland S. Archives of clinical skiagraphy. 1896. *Br J Radiol.* 1995 Jan;68(805):H1-20. doi: 10.1259/0007-1285-68-805-H1.
113. Rubin RM. Making sense of cephalometrics. *Angle Orthod.* 1997;67(2):83-5. doi: 10.1043/0003-3219(1997)067<0083:MSOC>2.3.CO;2
114. Savage AW, Showfety KJ, Yancey J. Repeated measures analysis of geometrically constructed and directly determined cephalometric points. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 1987 Apr;91(4):295-9. doi: 10.1016/0889-5406(87)90169-7.
115. Scarfe WC, Farman AG, Sukovic P. Clinical applications of cone-beam computed tomography in dental practice. *J Can Dent Assoc.* 2006 Feb;72(1):75-80. PMID: 16480609.
116. Scheible M, Just R, Sturk-Andreaggi K, Saunier J, Parson W, Parsons T, Coble M, Irwin J. The mitochondrial landscape of African Americans: An examination of more than 2500 control region haplotypes from 22 U.S. locations. *Forensic Sci Int Genet.* 2016 May;22:139-148. doi: 10.1016/j.fsigen.2016.01.002. Epub 2016 Jan 12. PMID: 26919661.
117. Siegel RL, Miller KD, Fuchs HE, Jemal A. Cancer statistics, 2022. *CA Cancer J Clin.* 2022 Jan;72(1):7-33. doi: 10.3322/caac.21708.
118. Song J, Zhao Z, Hu L, Jiang W, Fan Y, Chen J. [The influences upon the passive tensile of the masticatory muscles and ligaments by Herbst appliance under various bite reconstruction--a three dimensional finite element analysis]. *Hua Xi Kou Qiang Yi Xue Za Zhi.* 2001 Feb;19(1):43-5. Chinese. PMID: 12539637.
119. Steiner CC. Cephalometrics for you and me. *Am J Orthod* 1953;39(10):729–754. doi: [https://doi.org/10.1016/0002-9416\(53\)90082-7](https://doi.org/10.1016/0002-9416(53)90082-7)
120. Steiner CC. Cephalometrics in clinical practice. *Angle Orthod* 1959;29(1):8-29. doi: [https://doi.org/10.1043/0003-3219\(1959\)029<0008:CICP>2.0.CO;2](https://doi.org/10.1043/0003-3219(1959)029<0008:CICP>2.0.CO;2)
121. Swennen GR, Schutyser F, Barth EL, De Groeve P, De Mey A. A new

method of 3-D cephalometry Part I: the anatomic Cartesian 3-D reference system. *J Craniofac Surg.* 2006 Mar;17(2):314-25. doi: 10.1097/00001665-200603000-00019

122. Tausche E, Hansen L, Hietschold V, Lagravère MO, Harzer W. Three-dimensional evaluation of surgically assisted implant bone-borne rapid maxillary expansion: a pilot study. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 2007 Apr;131(4 Suppl):S92-9. doi: 10.1016/j.ajodo.2006.07.021.

123. Tweed CH. The Frankfort-mandibular plane angle in orthodontic diagnosis, classification, treatment planning, and prognosis. *Am J Orthod Oral Surg.* 1946 Apr;32:175-230. doi: 10.1016/0096-6347(46)90001-4.

124. Tyndall DA, Renner JB, Phillips C, Matteson SR. Positional changes of the mandibular condyle assessed by three-dimensional computed tomography. *J Oral Maxillofac Surg.* 1992 Nov;50(11):1164-72. doi: 10.1016/0278-2391(92)90147-r.

125. Vannier MW. Craniofacial imaging informatics and technology development. *Orthod Craniofac Res.* 2003;6 Suppl 1:73-81; discussion 179-82. doi: 10.1034/j.1600-0544.2003.238.x.

126. Waitzman AA, Posnick JC, Armstrong DC, Pron GE. Craniofacial skeletal measurements based on computed tomography: Part II. Normal values and growth trends. *Cleft Palate Craniofac J.* 1992 Mar;29(2):118-28. doi: 10.1597/1545-1569\_1992\_029\_0118\_csmbo\_2.3.co\_2.

127. Wang L, Han X, Bai D. [The controversy of routine articulator mounting in orthodontics]. *Hua Xi Kou Qiang Yi Xue Za Zhi.* 2013 Jun;31(3):323-6. Chinese. PMID: 23841312.

128. Wen J, Liu S, Ye X, Xie X, Li J, Li H, Mei L. Comparative study of cephalometric measurements using 3 imaging modalities. *J Am Dent Assoc.* 2017 Dec;148(12):913-921. doi: 10.1016/j.adaj.2017.07.030. Epub 2017 Oct 16.

129. White SC, Pharoah MJ. *Oral Radiology Principles and Interpretation.* Edition 7 th. St Louis: Mosby/Elsevier; 2014. 696 p. Available at: [https://books.google.com.ua/books?id=V7PwAwAAQBAJ&pg=PR3&hl=ru&source=gbs\\_selected\\_pages&cad=1#v=onepage&q&f=false](https://books.google.com.ua/books?id=V7PwAwAAQBAJ&pg=PR3&hl=ru&source=gbs_selected_pages&cad=1#v=onepage&q&f=false)

130. Ziegler CM, Woertche R, Brief J, Hassfeld S. Clinical indications for digital volume tomography in oral and maxillofacial surgery. *Dentomaxillofac Radiol.* 2002 Mar;31(2):126-30. doi: 10.1038/sj/dmfr/4600680.

## ДОДАТКИ

### СПИСОК ПУБЛІКАЦІЙ ЗДОБУВАЧА ЗА ТЕМОЮ ДИСЕРТАЦІЇ

Наукові праці, в яких опубліковані основні наукові результати дисертації

1. Dakhno LA, Vyshemyrska T, Burlakov P, Goncharuk-Khomyn M, Rashchenko N. New Three-Dimensional Cephalometric Analysis Based on Medium Field of View CBCT Scans: Setting of Normality Values for the 7-12 Years Old Children. J of Int Dental & Med Res. 2023;16(4):1687-1700. (Q3) *(Автором проведено обстеження пацієнтів, виконано статистичне опрацювання даних з аналізом отриманих даних, висновки сформульовано зі співавторами)*

2. Dakhno L, Vyshemyrska T, Burlakov P, Storozhenko K, Flis P. [ASSESSMENT OF THE FEASIBILITY OF USING CONE-BEAM COMPUTED TOMOGRAPHY IN CHILDREN FOR DIAGNOSTICS, 3D CEPHALOMETRY AND PLANNING ORTHODONTIC TREATMENT (REVIEW)]. Georgian Med News. 2022 Feb;(323):54-60. PMID: 35271471 *(Автором зібрано матеріал, проаналізовано літературні джерела, висновки сформульовано зі співавторами)*

3. Dakhno L, Vyshemyrska T, Flis P, Burlakov P. [COMPARATIVE TRANSVERSAL EVALUATION OF UPPER JAW FOLLOWING RAPID MAXILLARY EXPANSION IN THE MIXED DENTITION PERIOD. CBCT ANALYSIS]. Georgian Med News. 2021 Jul-Aug;(316-317):96-102. PMID: 34511453 *(Автором проведено обстеження пацієнтів, виконано статистичне опрацювання даних з аналізом отриманих даних, висновки сформульовано зі співавторами)*

4. Бурлаков ПО, Фліс ПС. Використання КПКТ черепа в ортодонтії (Оглядова стаття). Actual Dentistry. 2024;1:91-103. DOI: 10.33295/1992-576X-2024-1-91 *(Автором зібрано матеріал, проаналізовано літературні джерела, висновки сформульовано самостійно)*

5. Бурлаков ПО. Алгоритм об'єднання знімків конусно-променевої

комп'ютерної томографії для трьох вимірної цефалометрії. Український науково-медичний молодіжний журнал. 2024;1 (*Автором зібрано матеріал, проаналізовано літературні джерела, висновки сформульовано самостійно*)

### **Наукові праці, які засвідчують апробацію матеріалів дисертації**

#### *Тези виступів на конференціях:*

1. Бурлаков ПО. Конусно-променева компютерна томографія чи ортопантомографія та телерентгенографія в рутинній практиці лікаря ортодонта. Збірник наукових праць за матеріалами ювілейної науково-практичної конференції з нагоди 30-ї річниці заснування КМУ «Сучасні аспекти медицини та фармації – освіта та практика» м.Київ, 30 листопада 2022 року, с. 225 (*Автором зібрано матеріал, проаналізовано літературні джерела, висновки сформульовано зі самостійно*)

2. Бурлаков ПО, Фліс ПС, Вознюк ВП. Використання КПКТ черепа для аналізу оклюзії в віртуальному артикуляторі. Науково-практична конференція з нагоди 30-ліття створення Національної академії медичних наук України, 20-ліття першого обрання членами-кореспондентами НАМН 3-х стоматологів, VII з'їзд Української асоціації черепно-щелепно-лицевих хірургів з міжнародною участю. 12.05.2023р. м.Київ. (*Автором зібрано матеріал, проаналізовано літературні джерела, висновки сформульовано зі самостійно*)

3. Бурлаков ПО, Вишемирська ТА, Ращенко НВ. Актуальність використання КПКТ у дітей 7-12 років з сагітальними аномаліями прикусу при використанні незнімного апарату для розширення верхньої щелепи. Науково-практична конференція з міжнародною участю «Сучасна ортодонтія: реалії та перспективи» 21-22 березня 2024 року, с. 50-52

4. Clinical annual scientific experience 2023рік. Участь в якості активного доповідача з кейсом за темою «Аналіз оклюзії в клінічній практиці лікаря ортодонта».

#### *Патентні документи:*

1. Фліс ПС, Вишемирська ТА, Дахно ЛО, Бурлаков ПО. Авторське свідоцтво 105449 (Україна). Літературний письмовий твір науково-

практичного характеру «Метод виміру трансверзальних розмірів верхньої щелепи та верхніх дихальних шляхів в період змінного прикусу». Авторське право і суміжні права; зареєстр. 11.06.2021 ; опубл. 30.07.2021, Бюл. № 65, с. 429–430.

2. Вишемирська ГА, Дахно ЛО, Бурлаков ПО. Авторське свідоцтво 113194 (Україна). Літературний письмовий твір науково-практичного характеру «Новий 3D цефалометричний аналіз DVB, створений на основі даних КПКТ середнього поля зору (FOV) для дітей 7–12 років та його нормальні значення». Авторське право і суміжні права; зареєстр. 06.06.2022 ; опубл. 29.07.2022, Бюл. № 71, с. 165–166.