
DENTISTRY / СТОМАТОЛОГІЯ

UDC: 616.314-089.23-073.7

[https://doi.org/10.32345/USMYJ.1\(144\).2024.92-97](https://doi.org/10.32345/USMYJ.1(144).2024.92-97)

Received: January 21, 2024

Accepted: February 18, 2024

Алгоритм об'єднання знімків конусно-променевої комп'ютерної томографії для трьох вимірної цефалометрії

Бурлаков Павло

Асистент кафедри ортодонції та пропедевтики ортопедичної стоматології,
Національний медичний університет імені О.О. Богомольця, Київ, Україна

Address for correspondence:

Burlakov Pavlo

E-mail: purefeelngs1@gmail.com

Анотація: 3D цефалометрія, як метод діагностики ортодонтичних пацієнтів для планування лікування, має багато переваг перед класичною, загальноприйнятою як «золотий стандарт» 2D, але основним її недоліком є велике рентгенологічне навантаження на пацієнта при проведенні МСКТ чи КПКТ великого поля зору (FOV 25*25 см). Розробити протокол діагностики з дотриманням принципів ALARA (As Low As Reasonably Achievable) та зменшити рентгенологічне навантаження (DAP- dose-area product) на пацієнта при проведенні ортодонтичної діагностики – 3D цефалометрії шляхом об'єднання КПКТ знімків зроблених на сканері з меншим полем зору (FOV). КПКТ знімки верхньої та нижньої щелепи і скронево-нижньощелепних суглобів середнього FOV у пацієнтів, що звернулись за стоматологічною допомогою в клініку «Expir». Програмне забезпечення Mimics Medical (Materialise, Belgium). На основі розробленого нами та запатентованого методу цефалометричного аналізу DVB було показано можливість проведення 3D цефалометрії та спланувати ортодонтичне лікування на об'єднаних КПКТ знімках, зменшивши зменшити DAP для пацієнта до 1532 mGr*cm². Цифровий підхід до удосконалення методів діагностики, розроблений з дотриманням принципів ALARA, дозволяє підвищити якість надання ортодонтичних послуг та зменшити рентгенологічне навантаження на пацієнтів.

Ключові слова: 3D зображення (трьох вимірне зображення), діагностика, дозування радіації (DAP), конусно-променева комп'ютерна томографія (КПКТ), принцип ALARA, ортодонція, цефалометрія.

Вступ

Цефалометричні вимірювання на рентгенографічних зображеннях чутливі до помилок у проекції, ідентифікації орієнтирів і вимірюваннях. Цефалометричний аналіз – різновид діагностичної візуалізації, який є двовимірним (2D) і цей рендеринг є похідним від тривимірної структури. (Pittayapat, P., Limchaichana-Bolstad, N., Willems, G., & Jacobs, R., 2014)

Крім того, посилення, 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 проекції, пов'язану зі збільшенням зображення, уникає проблем накладання кісткових структур

у порівнянні зі звичайним цефалометричним зображенням та аналізом. (Dakhno, L., Vyshemyrska, T., Burlakov, P., Storozhenko, K., & Flis, P., 2022)

Невирішеним залишається питання доступності 3D цефалометрії, так як для проведення цього методу дослідження золотим стандартом є мультиспіральна комп'ютерна томографія (МСКТ) або КПКТ черепа (FOV 25*25 см). (Kissel, P., Mah, J. K., & Bumann, A., 2021).

Метод DAP (dose area product) використовується для визначення для виміру дозиметрії при проведенні КПКТ дослідження. (Allisy-Roberts, P. J., & Williams, J. (2007); Adam, A., Dixon, A. K., Gillard, J. H., & Schaefer-Prokop, C. (2020); Walter, H. (2010).

Формула розрахунку

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

де: DAP – Dose area product (вимірюється в грей на квадратний сантиметр, Gy·cm²); CTDI_{vol} – Об'ємний індекс дози комп'ютерної томографії (в мілігреях, mGy); FOV – Поле зору (в квадратних сантиметрах, cm²). Ця формула припускає, що вже відомі значення для об'ємного індексу дози КТ (CTDI_{vol}) та розмір поля зору (FOV) для конкретного КПКТ сканера.

Відповідно: при зменшенні FOV буде зменшено і DAP.

Мета

Запропонувати новий алгоритм діагностики, який дозволить зменшити FOV для подальшого проведення 3D цефалометричного аналізу на об'єднаних КПКТ зображеннях.

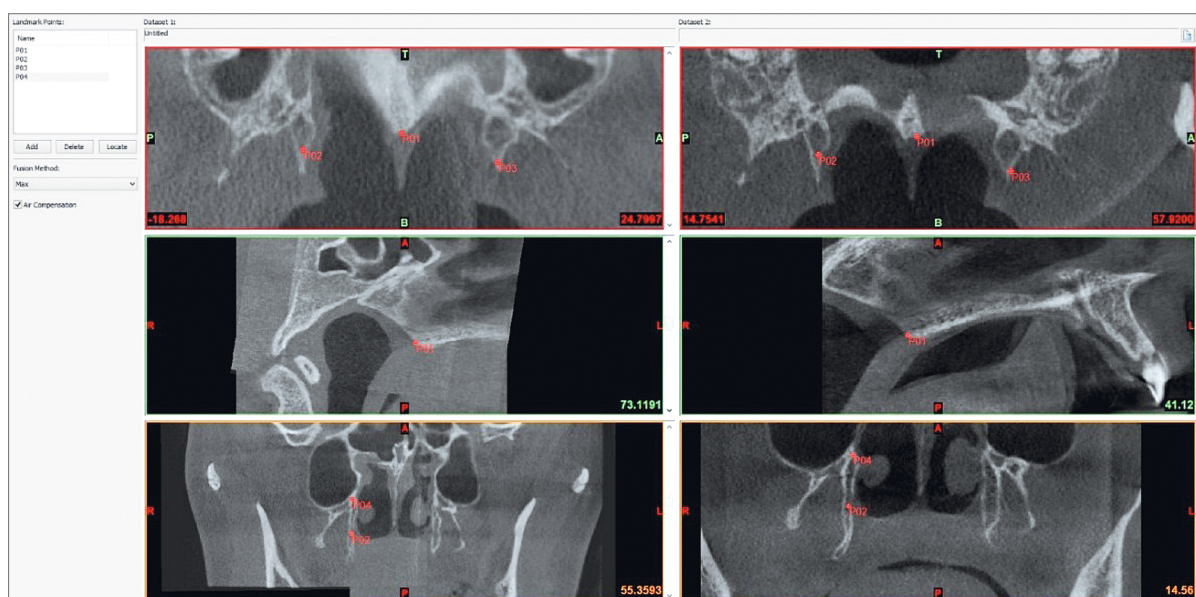
Матеріали і методи

Основою для розробки нашого алгоритму було об'єднання КПКТ знімків верхньої та нижньої щелепи і обох СНЩС, що проводились за рекомендованими параметрами налаштування сканера КПКТ (kV, mA, t, FOV) для розрахунку сумарної DAP з подальшим проведенням 3D цефалометрії за запатентованим нами методом DVB, розробленим для КПКТ середнього FOV. (Dakhno, L. A., Vyshemyrska, T., & Rashchenko, N. 2023)

Конусо-променева комп'ютерна томографія проводилась на сканері ORTHOPHOS XG 3D (Dentsply, Sirona GmbH Germany).

Для КПКТ верхньої та нижньої щелепи і СНЩС суглобів використовувались наступні параметри налаштування: верхня та нижня щелепи (FOV cm² 8x8, kV 85, mA 7, t сек 14,1, DAP мГр·см² 812), правий СНЩС (FOV cm² 5x5,5, kV 85, mA 7, t сек 14,1, DAP мГр·см² 363), лівий СНЩС (FOV cm² 5x5,5, kV 85, mA 7, t сек 14,1, DAP мГр·см² 363). Сума DAP=1538 мГр·см².

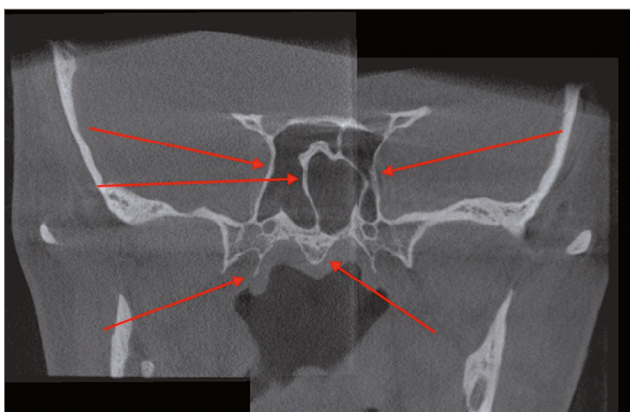
Процес об'єднання знімків відбувається за наступним запропонованим алгоритмом з використанням програмного забезпечення Mimics Medical (Materialise, Belgium) (мал.1).



Мал. 1. Виставлення точок для об'єднання КПКТ верхньої та нижньої щелепи і обох СНЩС.

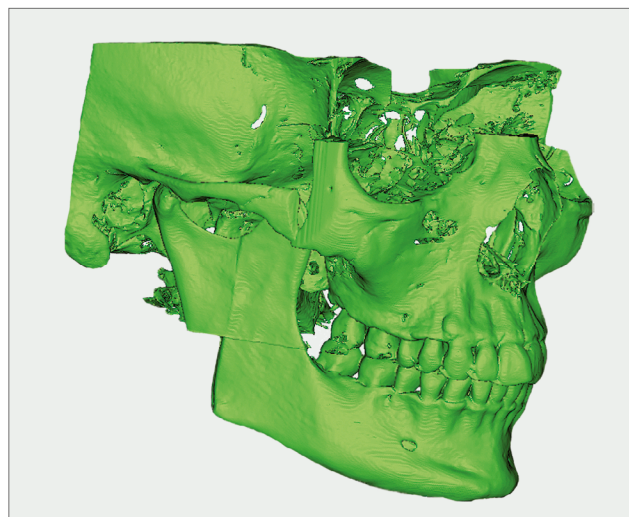
Загружаючи в програму DICOM файли та використовуючи функцію Image → Image Registration по анатомічним орієнтирам необхідно виставити мінімум 4-6 точок, а саме на: canalis palatine minor, posterior nasal spine, lamina horizontalis processus pterygoideus os sphenoidale, vomer, та пульпові камери молярів.

Перевірка надійності та точності процесу об'єднання виконувалась по анатомічним утворенням, товщина яких менше 1 мм (мал. 2).

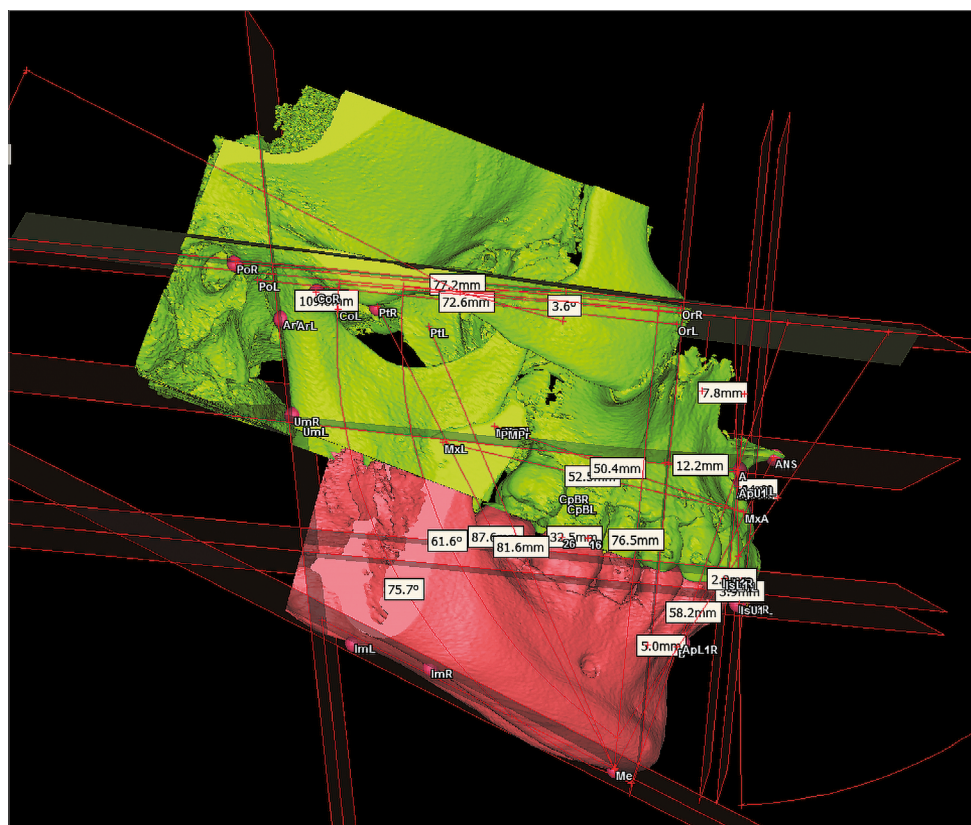


Мал. 2. Перевірка точності об'єднання КПКТ зображень по анатомічним орієнтирам.

Після цього відбувається рендерінг з Dicom файлів в STL, готовий знімок завантажується в програму ProPlan (Materialise, Belgium), в якій проводиться 3D цефалометрія (мал. 3, 4). (Dakhno, L. A., Vyshemyrska, T., Burlakov, P., Goncharuk-Khomyn, M., & Rashchenko, N., 2023., Літературний письмовий твір науково-практичного характеру 2022).



Мал. 3. Рендерінг з Dicom файлів в STL формат.



Мал. 4. 3D цефалометрія по об'єднаних КПКТ знімках.

Результати

Після проведення 3D цефалометричного аналізу пацієнта М.28 р. отримані наступні метричні та ангуляційні параметри, які наведені в таблиці 1.

Таблиця 1. Результати 3D цефалометричного обстеження за методом DVB

Параметр	Значення пацієнта	N	SD
Скелетні сагітальні			
A-TVP	12.2мм	11,8	± 3,1
B-TVP	5.0мм	10,0	± 3,6
Witts	7.8мм	4,7	±1.1
AB-FH	75.7°	83.0°	±3°
Скелетні вертикальні			
FH-MP	21.6°	21,5	±4,1°
FH-PP	3.6°	3,1	±2,2°
Go	124.6°	120,5	±4,3°
TFH/LFH	76%	72,8%	±3,3%
висота обличчя FH-MP	76.5мм	86,7мм	±5,4мм
нижня висота обличчя ANS-MP	58.2мм	63,2мм	±4,7мм
Дентальні параметри			
OB	3.9мм	1,1мм	±1,0мм
OJ	2.9мм	3,2мм	±1,2мм
П	34.6°	47,3°	±5,8°
U1-FH	83.6	69,1°	±5,6°
L1-FH	61.6°	62,7	±2,8°
16-26	32.5	39,9мм	±2,3мм

Діагноз: 2 клас за Енглем (співвідношення між A-TVP та B-TVP=7.2 мм при N = 1 мм) ретрогенія (B-TVP=5 мм, при N = 10,0±3,6 мм), ретрузія верхніх різців (U1-FH=83.6°, N=69,1°±5,6°), збільшення вертикального перекриття різців (OB=3.9 мм, N=1,1±1,0 мм).

Обговорення

Індивідуальний підхід при діагностиці та плануванні ортодонтичного лікування неможливо уявити без цефалометрії, але 2D методи мають ряд недоліків такі як суперімпозиція анатомічних структур, важкість ідентифікації

точок та помилки із зміною істинних розмірів структур.

З технічним прогресом на зміну 2D цефалометрії прийшла 3D, але вона також має свої недоліки, основним з яких є високе рентгенологічне навантаження на пацієнта (DAP). Золотим стандартом проведення 3D цефалометрії є МСКТ черепа (FOV 25*25 см²), яка дає змогу візуалізувати всі необхідні анатомічні орієнтири для побудови краніальної референтної площини (S-N). Ця площина лежить в основі стандартних цефалометричних методів аналізу для виміру метричних та ангуляційних параметрів кісток лицевого черепа.

Запропонований нами метод цефалометричного аналізу DVB дає змогу провести 3D цефалометрію на КПКТ знімках середнього поля зору (FOV) без S-N, але при розробці цього методу ми використовували КПКТ знімки зроблені при FOV 8 см (H) x 14 см (D), в цій статті було запропонований новий підхід до того щоб зменшити FOV до 8 см (H) x 8 см (D) – чим ще більше зменшити рентгенологічне навантаження.

Висновки

Запропонований алгоритм об'єднання знімків дозволяє зменшити FOV для проведення 3D цефалометрії, що дає змогу отримати менші показники DAP для пацієнта. Нами досягнуто сумарне зменшення DAP до 1538 мГр•см².

Запропонований нами алгоритм діагностики, що включає в себе проведення КПКТ верхньої та нижньої щелепи і обох СНЩС, з послідовним об'єднанням зображень, дозволяє відійти від золотого стандарту проведення МСКТ черепа, роблячи 3D цефалометрію більш доступною, що дає змогу підвищити ефективність діагностики пацієнтів та планування ортодонтичного лікування.

Перспективи майбутніх досліджень

З метою підвищення ефективності діагностики та зменшення рентгенологічного навантаження можна ще зменшити параметри налаштування КПКТ сканера (kV, mA, t) та розробляти нові методи цефалометричного аналізу з використанням інших референтних площин.

Фінансування

Оплата алгоритму діагностики та проведення 3D цефалометрії здійснювалось автором статті.

Конфлікт інтересів

Автори заявляють про відсутність конфлікту інтересів.

Згода на публікацію

Усі автори ознайомилися з результатами і схвалили остаточний варіант рукопису.

ORCID ID та внесок авторів

[0000-0001-5481-0146](https://orcid.org/0000-0001-5481-0146) (A, B, D, E, F)
Burlakov Pavlo

A – Research concept and design, B – Collection and/or assembly of data, C – Data analysis and interpretation, D – Writing the article, E – Critical revision of the article, F – Final approval of article.

ЛІТЕРАТУРА

- Pittayapat, P., Limchaichana-Bolstad, N., Willems, G., & Jacobs, R. (2014). Three-dimensional cephalometric analysis in orthodontics: a systematic review. *Orthodontics & craniofacial research*, 17(2), 69–91. <https://doi.org/10.1111/ocr.12034>
- Dakhno, L., Vyshemyrska, T., Burlakov, P., Storozhenko, K., & Flis, P. (2022). *Georgian medical news*, (323), 54–60
- Kissel, P., Mah, J. K., & Bumann, A. (2021). Modern 3D cephalometry in pediatric orthodontics-downsizing the FOV and development of a new 3D cephalometric analysis within a minimized large FOV for dose reduction. *Clinical oral investigations*, 25(7), 4651–4670. <https://doi.org/10.1007/s00784-021-03779-x>
- Allisy-Roberts, P. J., & Williams, J. (2007). *Farr's physics for medical imaging*. Elsevier Health Sciences
- Adam, A., Dixon, A. K., Gillard, J. H., & Schaefer-Prokop, C. (2020). *Grainger & Allison's Diagnostic Radiology, 2 Volume Set E-Book*. Elsevier Health Sciences
- Walter, H. (2010). Review of Radiologic Physics.
- Dakhno, L. A., Vyshemyrska, T., Burlakov, P., Goncharuk-Khomyn, M., & Rashchenko, N. (2023). New Three-Dimensional Cephalometric Analysis Based on Medium Field of View CBCT Scans: Setting of Normality Values for the 7-12 Years Old Children. *Journal of International Dental & Medical Research*, 16(4)
- 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»: а. с. 113194 Україна / Вишемирська Т. А., Дахно Л. О., Бурлаков П. О. (Україна) // Авторське право і суміжні права. – зареєстр. 06.06.2022 ; опубл. 29.07.2022, Бюл. № 71. – С. 165–166

CPCT image combination algorithm for 3D cephalometry

Burlakov Pavlo

National Medical University of Bogomolets, Kyiv, Ukraine

Address for correspondence:

Burlakov Pavlo

E-mail: purefeelngs1@gmail.com

Abstract: 3D cefalometry as a method of diagnosis of orthodontic patients for treatment planning has many advantages over the classical adopted as the «gold standard» 2D, but its main disadvantage is the large retgenological load on the patient when conducting MSCT or CBCT of a large field of vision (FOV 25*25 cm). To develop an ALARA principle (As Low As Reasonably Achievable) diagnostic protocol and reduce the dose-area product (DAP) per patient during 3D orthodontic diagnostics (cephalometry) by combining CPCT images taken on a scanner with a smaller field of vision (FOV). Methods: CBCT images of the upper and lower jaw and temporo mandibular joints of the middle patients who sought dental assistance at the «Expir» clinic. Mimics Medical software

*(Materialise, Belgium) Based on our developed and patented method of cephalometric analysis DVB, it has been shown that it is possible to perform a cephalometry analysis and to plan orthodontic treatment on combined CBCT images and thus reduce the DAP for the patient to 1532 mGr*cm². The digital approach to the improvement of diagnostic methods, developed in accordance with the ALARA principles, allows to improve the quality of orthodontic services and reduce the X-ray load on patients.*

Keywords : [Cephalometry](#), [Diagnosis](#), [Orthodontics](#), [Radiation Dosage](#) (DAP), [Three-Dimensional Image](#), ALARA principle, cone beam computed tomography (CBCT).



Copyright: © 2024 by the authors; licensee USMYJ, Kyiv, Ukraine.

This article is an open access article distributed under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution License (<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>).