

DOI: 10.37988/1811-153X\_2023\_2\_150

[С.В. Апресян,](#)

д.м.н., профессор кафедры ортопедической стоматологии, директор Института цифровой стоматологии

[А.Г. Степанов,](#)

д.м.н., профессор, зав. кафедрой стоматологии, профессор Института цифровой стоматологии

[А.П. Зражевская,](#)

аспирант Института цифровой стоматологии

[М.С. Саркисян,](#)

д.м.н., доцент кафедры ортопедической стоматологии

[В.К. Суонио,](#)

ассистент Института цифровой стоматологии

РУДН, 117198, Москва, Россия

**ДЛЯ ЦИТИРОВАНИЯ:**

Апресян С.В., Степанов А.Г., Зражевская А.П., Саркисян М.С., Суонио В.К. Разработка метода сопоставления трехмерных изображений лица с данными компьютерной томографии. — *Клиническая стоматология*. — 2023; 26 (2): 150—157. DOI: 10.37988/1811-153X\_2023\_2\_150

[S.V. Apresyan,](#)

PhD in Medical Sciences, full professor of the Prosthodontics Department, director of the Institute of Digital Dentistry

[A.G. Stepanov,](#)

PhD in Medical Sciences, full professor of the Dentistry Department, professor of the Institute of Digital Dentistry

[A.P. Zrazhevskaya,](#)

postgraduate at the Institute of Digital Dentistry

[M.S. Sarkisyan,](#)

PhD in Medical Sciences, associate professor of the Prosthodontics Department

[V.K. Suonio,](#)

assistant at the Institute of Digital Dentistry

RUDN University, 117198, Moscow, Russia

## Разработка метода сопоставления трехмерных изображений лица с данными компьютерной томографии

**Реферат.** Необходимость внедрения цифровых технологий моделирования и производства лицевых протезов в стоматологическую практику обусловлена увеличением количества пациентов с дефектами средней зоны лица послеоперационного и травматического генеза. **Цель** — разработка метода сопоставления трехмерных изображений лица с данными компьютерной томографии (КТ) и подтверждение его эффективности. **Материалы и методы.** Методика заключается в сопоставлении данных по реперным объектам, в качестве которых были использованы 4 шарика диаметром 5 мм. Для точности совмещения 3D-сканов с данными КТ мы выбрали 4 точки на лице пациента, куда и были прикреплены шарики: на носу, на подбородке и в области щек с двух сторон. Далее пациенту выполнили КТ и сделали оптические слепки лица с помощью сканеров 3dMDFace System (3dMD, США/Великобритания), ObiScanner (Fifth Ingenium, Италия), Einstar (Shining 3D, Китай). Полученные данные совмещали в программе Exocad. В качестве эталонной модели использовались данные, полученные на аппарате Planmeca ProMax 3D ProFace (Финляндия), так как эта установка позволяет получить как объемное CBVT-изображение, так и трехмерную фотографию за один сканирующий проход. Положение пациента, выражение его лица и расположение мускулов при этом оказываются одинаковыми для обоих указанных изображений, что обеспечивает их точную совместимость. Для проверки расстояний между точками, полученными по эталонной модели, мы использовали программу InVesalius 3 (Бразилия), которая создает 3D-визуализацию изображений на основе последовательности 2D DICOM-файлов. **Результаты.** Погрешность сопоставления 3D-сканов лица с данными КТ (разница расстояний между выбранными костными и мягкотканными точками) при использовании ObiScanner в сравнении с эталонной моделью Planmeca ProMax 3D ProFace составляет 0,09—0,16 мм. Погрешность при использовании сканера 3dMDFace System составляет 0,2—0,4 мм. Погрешность при сопоставлении трехмерных данных между собой при использовании сканера Einstar составляет 0,35—0,6 мм. При совмещении 3D-сканов лица с данными КТ по реперным объектам, мы наблюдаем незначительное отклонение от эталонной модели (0,09—0,16 мм), что подтверждает точность методики совмещения данных по реперным объектам. **Заключение.** Принимая во внимание полученные статистические данные можно сделать вывод, что совмещение трехмерных данных лицевых сканов с данными КТ по реперным объектам — наиболее точная методика с учетом подходящих исходных трехмерных данных лицевого скана.

**Ключевые слова:** методология совмещения, лицевые сканеры, лицевые протезы, цифровые технологии в стоматологии, скан лица

## Developing methods of matching 3D facial images with computed tomography data

**Abstract.** The need to introduce digital technologies in facial prosthetics is dictated by an increase the number of oncological disease of the middle zone of the face and defects in the middle zone of the face of various etiologies. **This study aimed** to develop a method for matching three-dimensional images of the face with CT data and confirm its effectiveness. **Materials and methods.** To develop a methodology for combining virtual three-dimensional images of the face with CT data, reference objects in the form of 4 balls with diameter 5 mm were used. Scan and CT data were combined in Exocad (Germany). For the accuracy of matching 3D-scans with CT data, we chose 4 points on the patient's face, where the manufactured balls were attached: on the nose, on the chin and in the cheek area on both sides. Then the CT was done and facial 3D-scans were taken using scanners: 3dMDFace System (3dMD, USA/UK), ObiScanner (Fifth Ingenium, Italy), Einstar (Shining 3D, China). The obtained data were combined in Exocad. The data obtained on the Planmeca ProMax 3D ProFace (Finland) were used as a reference model, since this setup allows to get both a CBVT and three-dimensional photograph in one scanning pass, the patient's position, facial expression and muscle arrangement are the same for both specified images, which ensures their exact compatibility. To check the distances between points

obtained from the reference model, we used the InVesalius 3 (Brazil), which creates a 3D visualization of images based on a sequence of 2D DICOM files. **Results.** The conducted researches confirm that the error of matching 3D-face scans with computed tomography data (the difference in distances between the selected bone and soft tissue points) using the ObiScanner compared to Planmeca ProMax 3D ProFace reference model is 0.09–0.16 mm. The error using 3dMDFace System scanner is 0.20–0.40 mm. The error in compiling three-dimensional data between each other using Einstar scanner is 0.35–0.60 mm. By combining 3D face scans with computed tomography data on reference objects, we observe a slight deviation from the reference model (0.09–0.16 mm), that confirms the accuracy of the method of combining data on reference objects. **Conclusion.** The obtained statistical

data, the conclusion is combination of three-dimensional data of face scanners with CT data by objects is the most accurate technique, taking into account suitable source three-dimensional data of face scan.

**Key words:** combination methodology, face scanner, facial prostheses, digital dental technologies, face scan

#### FOR CITATION:

Apresyan S.V., Stepanov A.G., Zrazhevskaya A.P., Sarkisyan M.S., Suonio V.K. Developing methods of matching 3D facial images with computed tomography data. *Clinical Dentistry (Russia)*. 2023; 26 (2): 150—157 (In Russian). DOI: 10.37988/1811-153X\_2023\_2\_150

## ВВЕДЕНИЕ

В настоящее время использование цифровых технологий в практике врача-стоматолога — это необходимый элемент для проведения лечения в полном объеме с надлежащим уровнем качества [1], позволяющий повысить объем работы врачей-стоматологов, снизить стоимость изготавливаемых протезов и уменьшить количество времени на каждом этапе лечения пациента [2–6].

Необходимость внедрения цифровых технологий в область лицевого протезирования диктуется ростом числа онкологических заболеваний средней зоны лица, а также случаев огнестрельных ранений.

Цифровые технологии позволяют прогнозировать результаты, минимизировать продолжительность хирургического и ортопедического этапов реабилитации [7–10], за счет чего среди стоматологов-ортопедов превалирует мнение о необходимости использования компьютерных технологий в ортопедической стоматологии [11]. На формирование новой клинической практики повлияли возможность записи стоматологических данных в цифровом виде, получение цифровых данных о стоматологическом статусе пациента, компьютерные методы визуализации [12, 13].

Ортопедическая реабилитация предполагает несколько этапов:

1. Сбор анамнеза.
2. Планирование лечения (планирование хирургического вмешательства и ортопедической реабилитации).
3. Лечение (хирургический этап и изготовление ортопедической конструкции).

Для проведения первого этапа необходимо получить информацию о патологии пациента в цифровом виде: дву- и трехмерные данные о стоматологическом статусе пациента [13]. В первую очередь это фото (2D-изображение), сканы лица (3D-изображение) и компьютерная томография (КТ). Таких вводных данных достаточно для того, чтобы приступить к сборке 3D-сцены — первому и основному этапу цифрового планирования ортопедической реабилитации [11].

Второй этап ортопедической реабилитации — сборка 3D-сцены для 3D-визуализации стоматологического пациента. Для этого необходимо объединить объемные

изображения (сканы лица) и данные КТ. Цифровизация ортопедической реабилитации нуждается в разработке методики сопоставления трехмерных данных с данными КТ. При совмещении виртуальных данных между собой необходимо соотнести цифровые данные по заранее изготовленным реперным объектам. Исследование, в котором проводилось совмещение виртуальных моделей лица и беззубых челюстей [1] доказывает, что при использовании реперных объектов точность совмещения выше, чем при совмещении виртуальных объектов по реперным точкам.

Финальный этап комплексного цифрового планирования ортопедической реабилитации — изготовление конструкций-прототипов будущих лицевых протезов, по эстетическим параметрам приближенных к ожидаемому запросу пациента [14–15], которые сводят к минимуму ошибки, не замеченные в ходе планирования [16], а также дают возможность спрогнозировать функциональные возможности реабилитации [17].

**Цель** — разработка метода сопоставления 3D-изображений лица с данными КТ и подтверждение его эффективности.

## МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Предложенная нами методика сопоставления данных КТ и лицевых 3D-сканов заключается в объединении данных по реперным объектам, в качестве которых использовали 4 шарика из самотвердеющего полиметакрилатного материала диаметром 5 мм.

Изготовленные шарики прикрепляли к мягким тканям лица с помощью медицинского пластыря и двусторонней самоклеящейся ленты. Для точности совмещения 3D-сканов с данными КТ мы выбрали 4 точки на лице пациента, куда были прикреплены изготовленные шарики: на носу, на подбородке и в области щек с двух сторон. Далее пациенту выполняли КТ и снимали лицевые 3D-сканы с помощью сканеров:

- 3dMDFace System (3dMD, США/Великобритания).
- ObiScanner (Fifth Ingenium, Италия).
- Einstar (Shining 3D, Китай).

Данных КТ с лицевыми 3D-сканами совмещали в программе Exocad. В нее загружали данные КТ

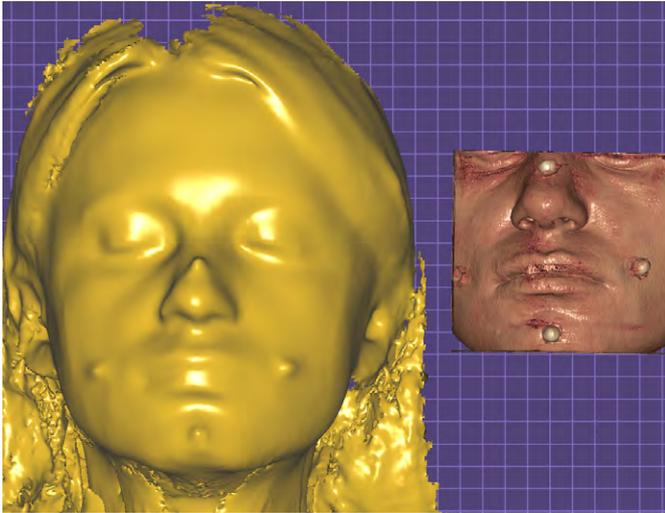


Рис. 1. Совмещение КТ и 3D-скана лица ObiScanner в программе Exocad  
 Fig. 1. Uploaded CT and scan data ObiScanner to Exocad

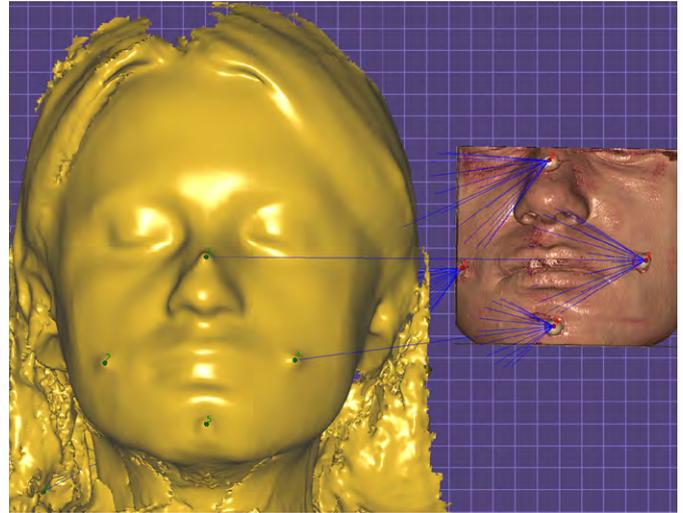


Рис. 2. Сопоставленные по реперным объектам данные компьютерной томографии и 3D-скана лица ObiScanner в программе Exocad  
 Fig. 2. CT and scan data ObiScanner compared by objects in Exocad

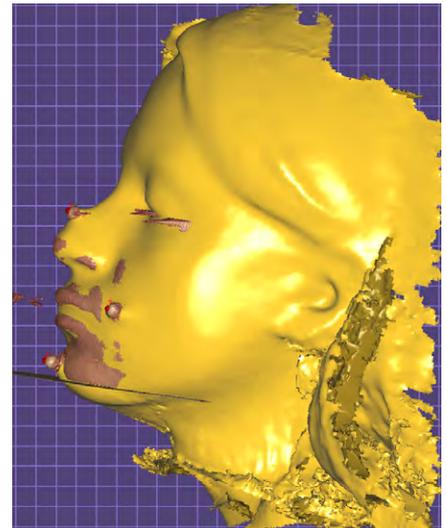
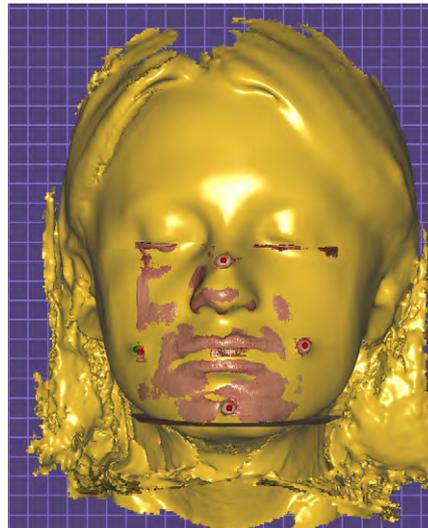
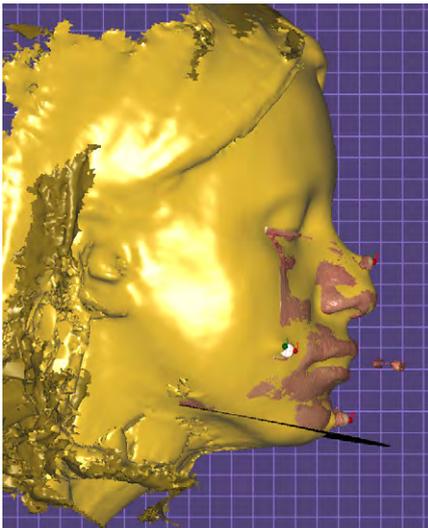


Рис. 3. Результат совмещения данных компьютерной томографии с 3D-сканом лица ObiScanner по реперным объектам в программе Exocad

Fig. 3. Result of combining CT and scan data ObiScanner by objects in Exocad

и 3D-сканы лица и совмещали их между собой по реперным объектам (рис. 1). Далее мы совмещали данные КТ и 3D-сканы лица по реперным объектам — шарикам (рис. 2). Полученный результат представлен на рис. 3.

В качестве эталона для исследования была выбрана модель, полученная с помощью аппарата Planmeca ProMax 3D ProFace (Finland), так как в данной системе аппарат выполняет КТ с применением конусного луча (СВЛТ) со встроенной системой трехмерного сканирования лица. Так как установка Planmeca ProMax 3D ProFace позволяет получить как объемное СВЛТ-изображение, так и трехмерную фотографию за один сканирующий проход, положение пациента, выражение его лица и расположение мускулов при этом исследовании оказываются одинаковыми для обоих указанных изображений, что обеспечивает их точную совместимость.

Для того чтобы определить качество совмещения 3D-скана лица с данными КТ, мы определяли расстояния между несколькими костными и мягкоткаными точками, которые не меняют своего положения:

1. От середины нижнеглазничного края, точки *Or*, до кончика носа.
2. От наиболее углубленной точки на переднем контуре апикального базиса верхней челюсти (точка *A*) до наиболее углубленной точки на контуре губного желобка (точка *A'*).
3. От наиболее углубленной точки на переднем контуре апикального базиса нижней челюсти (точка *B*) до наиболее углубленной точки на контуре подбородка (точка *B'*).

Расстояния между указанными точками по данным, полученным на Planmeca ProMax 3D ProFace (эталонная модель):

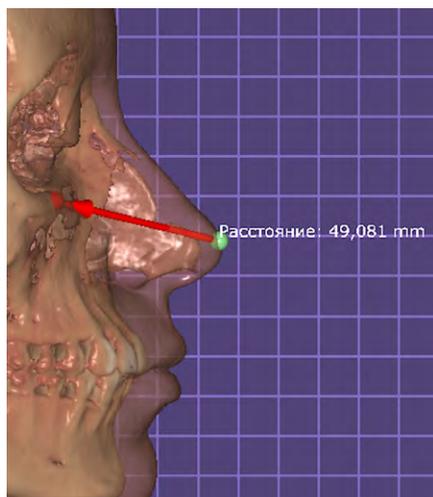


Рис. 4. Расстояние между точками Or — кончик носа, полученное на Planmeca ProMax 3D ProFace, измеренное в программе Exocad  
Fig. 4. Distance between points Or-tip of the nose received on Planmeca ProMax 3D ProFace is measured in Exocad

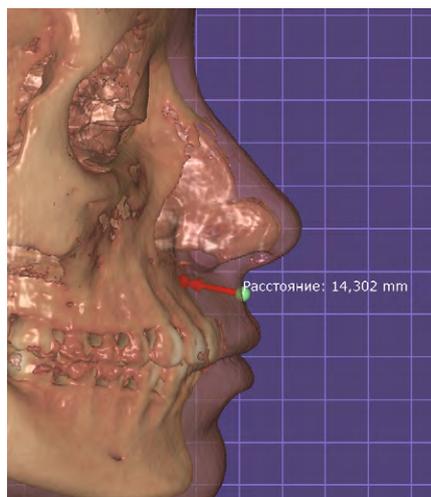


Рис. 5. Расстояние между точками A—A', полученное на Planmeca ProMax 3D ProFace, измеренное в программе Exocad  
Fig. 5. Distance between points A—A' received on Planmeca ProMax 3D ProFace is measured in Exocad

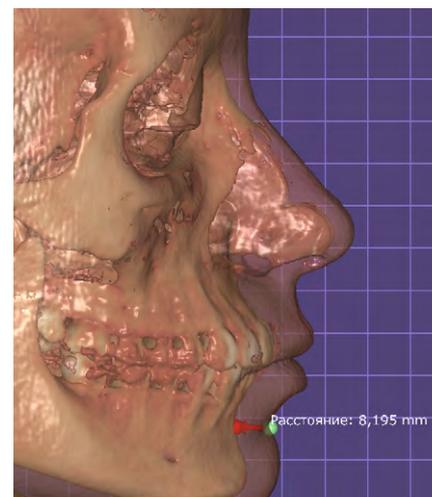


Рис. 6. Расстояние между точками B—B', полученное на Planmeca ProMax 3D ProFace, измеренное в программе Exocad  
Fig. 6. Distance between points B—B' received on Planmeca ProMax 3D ProFace is measured in Exocad

- 1) Or — кончик носа — 49,081 мм (рис. 4);
- 2) A—A' — 14,302 мм (рис. 5);
- 3) B—B' — 8,195 мм (рис. 6).

Для проверки расстояний между точками, полученными по эталонной модели, мы использовали программу InVesalius 3 (Бразилия), которая создает 3D-визуализацию изображений на основе последовательности 2D DICOM-файлов, полученных с помощью оборудования СТ или MRI. С помощью этой программы мы также получили данные расстояний между костными и мягкоткаными точками:

- 1) Or — кончик носа — 49,077 мм (рис. 7);
- 2) A—A' — 14,457 мм (рис. 8);
- 3) B—B' — 8,456 мм (рис. 9).

Таким образом, мы видим, что погрешность измерения расстояний (мм), полученных с помощью аппарата Planmeca ProMax 3D ProFace и программы

InVesalius 3 между костными и мягкоткаными точками, незначительная: Or — кончик носа — 0,004 мм; A—A' — 0,155 мм; B—B' — 0,079 мм (табл. 1). Эти данные позволяют сделать вывод, что расстояния между костными

**Таблица 1. Расстояния между костными и мягкоткаными точками, измеренными с помощью Planmeca ProMax 3D ProFace, и программы InVesalius 3 (в мм)**

Table 1. Distances between bone and soft tissue points measured with Planmeca ProMax 3D ProFace and InVesalius 3 software (in mm)

Расстояние	Planmeca ProMax 3D ProFace	InVesalius 3
Or — кончик носа	49,081	49,077
A—A'	14,302	14,457
B—B'	8,195	8,274

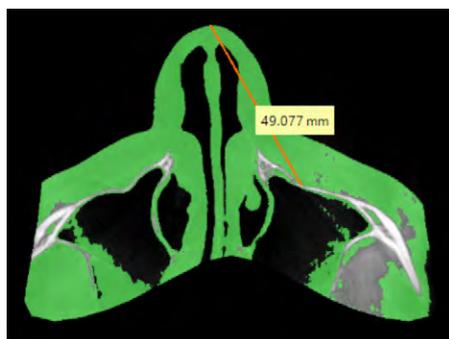


Рис. 7. Расстояние от точки Or до кончика носа, полученное с помощью программы InVesalius 3  
Fig. 7. Distance between points Or-tip of the nose received by InVesalius 3

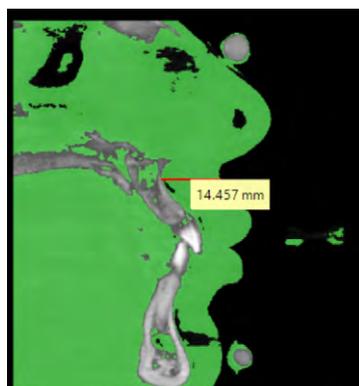


Рис. 8. Расстояние между точками A—A', полученное с помощью программы InVesalius 3  
Fig. 8. Distance between points A—A' received by InVesalius 3

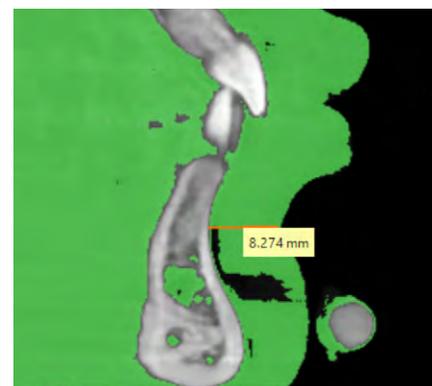


Рис. 9. Расстояние между точками B—B', полученное с помощью программы InVesalius 3  
Fig. 9. Distance between points B—B' received by InVesalius 3

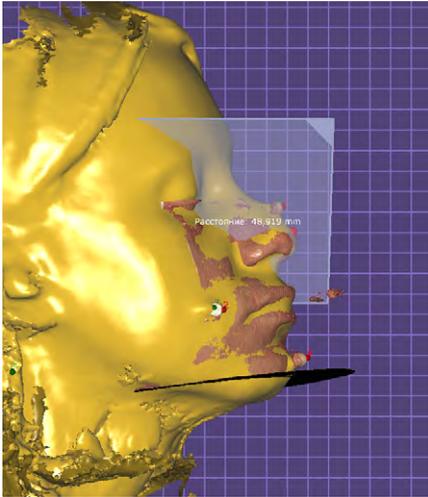


Рис. 10. Расстояние между точками Or — кончик носа, полученное при совмещении по реперным объектам данных компьютерной томографии с 3D-сканом лица ObiScanner в программе Exocad

Fig. 10. Distance between points Or-tip of the nose combining CT and scan data ObiScanner by objects in Exocad

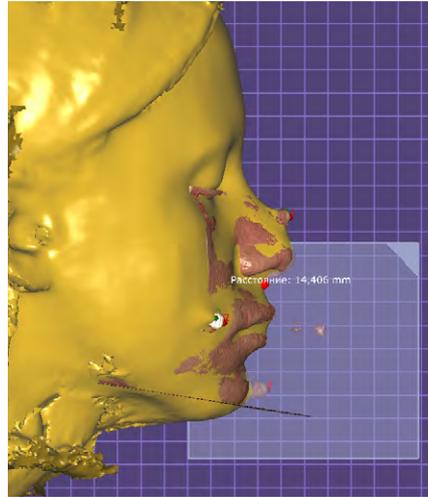


Рис. 11. Расстояние между точками A—A', полученное при совмещении по реперным объектам данных компьютерной томографии с 3D-сканом лица ObiScanner в программе Exocad

Fig. 11. Distance between points A—A' combining CT and scan data ObiScanner by objects in Exocad

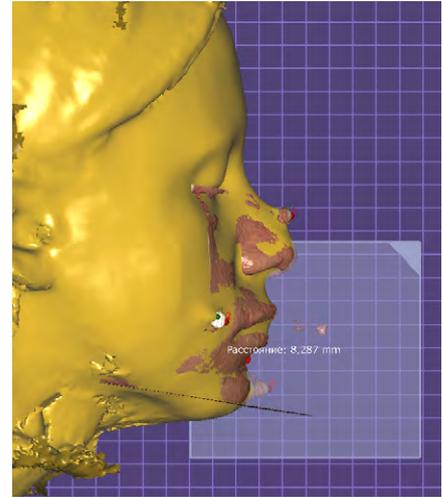


Рис. 12. Расстояние между точками B—B', полученное при совмещении по реперным объектам данных компьютерной томографии с 3D-сканом лица ObiScanner в программе Exocad

Fig. 12. Distance between points B—B' combining CT and scan data ObiScanner by objects in Exocad

и мягкоткаными точками, полученные с помощью аппарата Planmeca ProMax 3D ProFace, можно считать эталонными.

Для того чтобы убедиться в эффективности предложенной методики совмещения данных КТ с 3D-сканами лица, также были измерены расстояния между костными и мягкоткаными точками и сопоставлены с полученными результатами по эталонной модели.

Полученные расстояния по сопоставленным данным КТ с лицевым 3D-сканом ObiScanner по реперным объектам:

- 1) Or — кончик носа — 48,919 мм (рис. 10);
- 2) A—A' — 14,406 мм (рис. 11);
- 3) B—B' — 8,287 мм (рис. 12).

Таким образом, мы видим, что погрешность измерения расстояний, полученных с помощью аппарата Planmeca ProMax 3D ProFace, и совмещенных данных КТ с 3D-сканом лица ObiScanner по реперным объектам в программе между костными и мягкоткаными точками незначительная, 0,09—0,16 мм:

**Таблица 2. Расстояния между костными и мягкоткаными точками, измеренные с помощью Planmeca ProMax 3D ProFace, и по данным КТ, совмещенным с 3D-сканом лица ObiScanner (в мм)**

Table 2. Distances between bony and soft tissue points measured by Planmeca ProMax 3D ProFace and by CT data combined with ObiScanner 3D facial scan (in mm)

Расстояние	Planmeca ProMax 3D ProFace	КТ + ObiScanner
Or — кончик носа	49,081	48,919
A—A'	14,302	14,406
B—B'	8,195	8,287

Or — кончик носа — 0,162 мм; A—A' — 0,104 мм; B—B' — 0,092 мм (табл. 2). Аналогичные исследования были проведены по 3D-сканам лица, полученным с помощью сканеров 3dMDFace System, ObiScanner и Einstar.

При статистической обработке результатов расчет уровня значимости различий между выборками с нормальным распределением показателей проводили с использованием *t*-критерия Стьюдента для парных (связанных) выборок. При распределении, отличном от нормального, применяли *W*-критерий Вилкоксона. Проверку соответствия распределения нормальному в выборках с количественными показателями проводили с опорой на критерий Колмогорова—Смирнова с поправкой на критерий Лилиефорса. Статистически достоверными считали различия, соответствующие вероятности ошибки  $p < 0,05$ .

Для проведения статистического анализа аналогично были получены объемные данные лица и КТ 15 пациентов с использованием реперных объектов в виде шариков.

**Таблица 3. Расстояния между костными и мягкоткаными точками, полученные совмещением данных КТ и 3D-сканов лица разными лицевыми сканерами (в мм)**

Table 3. Distances between bone and soft tissue points obtained by combining CT and 3D facial scans with different facial scanners (in mm)

Расстояние	Эталонная модель Planmeca	ObiScanner	3dMDFace System	Einstar
Or — кончик носа	49,081	48,919	49,501	49,675
A—A'	14,302	14,406	14,703	14,833
B—B'	8,195	8,287	8,467	8,545

## РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Погрешность измерения расстояний, полученных с помощью аппарата Planmeca ProMax 3D ProFace, и совмещенных данных КТ с 3D-сканом лица 3dMDFace System по реперным объектам между костными и мягкоткаными точками в среднем составляет 0,2–0,4 мм: Or – кончик носа – 0,42 мм; A–A' – 0,401 мм; B–B' – 0,272 мм (табл. 3).

Погрешность измерения расстояний, полученных с помощью аппарата Planmeca ProMax 3D ProFace, и совмещенных данных КТ с 3D-сканом лица Einstar по реперным объектам в программе между костными и мягкоткаными точками в среднем составляет 0,35–0,6 мм: Or – кончик носа – 0,594 мм; A–A' – 0,531 мм; B–B' – 0,35 мм.

Таким образом, мы видим, что при работе с лицевым сканером ObiScanner мы получили наиболее точные и однородные трехмерные изображения лица, которые полностью пригодны для планирования ортопедической реабилитации.

Средние значения разницы расстояний между костными и мягкоткаными точками, полученных с использованием разных лицевых сканеров в сравнении с эталонной моделью составляют (табл. 4):

- 1) ObiScanner – 0,09–0,16 мм;
- 2) 3dMDFace System – 0,20–0,40 мм;
- 3) Einstar – 0,35–0,60 мм.

Таким образом, сканер ObiScanner наиболее точно отображает трехмерные данные мягких тканей лица и полностью удовлетворяет запрос врачей-стоматологов для его использования в каждодневной практике стоматологов-ортопедов. Удовлетворительный результат получен при использовании сканера 3dMDFace System, при его использовании практикующим врачам-стоматологам стоит учитывать данные о погрешности, полученные в исследовании.

Сканер Einstar является перспективным устройством, при работе с которым необходимо учитывать относительно большую погрешность измерений и искажение полученных изображений.

При совмещении 3D-сканов лица с данными КТ по реперным объектам мы наблюдаем незначительное отклонение от эталонной модели (0,09–0,16 мм), что подтверждает точность методики совмещения данных по реперным объектам. Данная методика с наименьшими временными затратами и наибольшей точностью позволяет получить результат, в полном объеме удовлетворяющий запросы практикующих стоматологов-ортопедов.

Таблица 4. Расстояния между костными и мягкоткаными точками, полученные совмещением данных КТ и 3D-сканов лица разными лицевыми сканерами (в мм)

Table 4. Distances between bone and soft tissue points obtained by combining CT and 3D facial scans with different facial scanners (in mm)

Пациент	Расстояние	Эталонная модель Planmeca	ObiScanner	3dMDFace System	Einstar
1	Or — кончик носа	49,081	48,919	49,501	49,675
	A—A'	14,302	14,406	14,703	14,833
	B—B'	8,195	8,287	8,467	8,545
2	Or — кончик носа	47,117	47,217	47,417	47,517
	A—A'	12,405	12,505	12,707	12,805
	B—B'	7,995	8,105	8,298	8,397
3	Or — кончик носа	51,117	51,223	51,419	51,519
	A—A'	16,404	16,505	16,706	16,807
	B—B'	9,223	9,334	9,523	9,627
4	Or — кончик носа	52,116	52,217	52,416	52,518
	A—A'	17,102	17,205	17,403	17,505
	B—B'	10,001	10,107	10,301	10,402
5	Or — кончик носа	46,205	46,307	46,506	46,607
	A—A'	15,334	15,437	15,635	15,735
	B—B'	7,252	7,353	7,554	7,654
6	Or — кончик носа	47,305	47,406	47,603	47,701
	A—A'	16,734	16,835	17,030	17,130
	B—B'	8,338	8,439	8,630	8,740
7	Or — кончик носа	46,202	46,304	46,507	46,605
	A—A'	16,501	16,613	16,802	16,904
	B—B'	8,286	8,389	8,587	8,685
8	Or — кончик носа	53,567	53,668	53,869	53,968
	A—A'	18,347	18,449	18,645	18,650
	B—B'	8,976	9,075	9,278	9,401
9	Or — кончик носа	51,356	51,457	51,657	51,754
	A—A'	19,327	19,422	19,628	19,723
	B—B'	8,875	8,976	9,174	9,280
10	Or — кончик носа	53,578	53,677	53,879	53,979
	A—A'	18,458	18,559	18,757	18,859
	B—B'	9,103	9,205	9,413	9,502
11	Or — кончик носа	54,287	54,389	54,591	54,689
	A—A'	19,265	19,367	19,572	19,674
	B—B'	8,765	8,867	9,067	9,166
12	Or — кончик носа	51,478	51,579	51,776	51,879
	A—A'	18,675	18,779	18,976	19,077
	B—B'	9,202	9,305	9,503	9,604
13	Or — кончик носа	50,235	50,337	50,536	50,647
	A—A'	18,765	18,862	19,064	19,170
	B—B'	9,301	9,403	9,616	9,707
14	Or — кончик носа	49,478	49,579	49,775	49,879
	A—A'	17,987	18,083	18,285	18,394
	B—B'	8,798	8,899	9,118	9,207
15	Or — кончик носа	51,784	51,883	52,087	52,189
	A—A'	19,487	19,591	19,791	19,901
	B—B'	9,983	10,094	10,401	10,407

**ЗАКЛЮЧЕНИЕ**

Совмещение трехмерных данных лицевых сканов с данными КТ по реперным объектам — это наиболее точная методика, с учетом подходящих исходных трехмерных данных лицевого скана. В результате проведенного исследования был определен наиболее подходящий сканер — это ObiScanner (Fifth Ingenium, Италия), который дает четкое точное изображение, при совмещении с данными КТ определяется незначительная погрешность. Методика, разработанная в рамках исследования,

удобна для использования в каждодневной практике, занимает наименьшее время и дает четкий результат.

**Конфликт интересов.** Авторы декларируют отсутствие конфликта интересов.

**Поступила:** 16.02.2023      **Принята в печать:** 10.04.2023

**Conflict of interests.** The authors declare no conflict of interests.

**Received:** 16.02.2023      **Accepted:** 10.04.2023

**ЛИТЕРАТУРА:**

1. Полякова М.В., Ряховский А.Н. Анализ точности совмещения виртуальных моделей лица и беззубых челюстей пациента различными способами. — *Институт стоматологии*. — 2012; 3 (56): 64—67. [eLibrary ID: 18038206](#)
2. Аapresян С.В., Степанов А.Г., Варданян Б.А. Цифровой протокол комплексного планирования стоматологического лечения. Анализ клинического случая. — *Стоматология*. — 2021; 3: 65—71. [eLibrary ID: 46222733](#)
3. Костюкова В.В., Ряховский А.Н., Уханов М.М. Сравнительный обзор внутриротовых трехмерных цифровых сканеров для ортопедической стоматологии. — *Стоматология*. — 2014; 1: 53—59. [eLibrary ID: 21218165](#)
4. Аapresян С.В., Суонио В.К., Степанов А.Г., Ковальская Т.В. Оценка функционального потенциала CAD-программ в комплексном цифровом планировании стоматологического лечения. — *Российский стоматологический журнал*. — 2020; 3: 131—134. [eLibrary ID: 44005657](#)
5. Аapresян С.В., Степанов А.Г., Ретинская М.В., Суонио В.К. Разработка комплекса цифрового планирования стоматологического лечения и оценка его клинической эффективности. — *Российский стоматологический журнал*. — 2020; 3: 135—140. [eLibrary ID: 44005658](#)
6. Бородина И.Д., Григорьянц Л.С., Гаджиев М.А., Аapresян С.С., Батов Р.В., Степанов А.Г., Аapresян С.В. Сравнительная оценка точности отображения зубной дуги при помощи современных интраоральных 3D-сканеров. — *Российский стоматологический журнал*. — 2022; 4: 287—297. [eLibrary ID: 49487536](#)
7. Patel A., Levine J., Brecht L., Saadeh P., Hirsch D.L. Digital technologies in mandibular pathology and reconstruction. — *Atlas Oral Maxillofac Surg Clin North Am*. — 2012; 20 (1): 95—106. [PMID: 22365432](#)
8. Muelleman T.J., Peterson J., Chowdhury N.I., Gorup J., Camarata P., Lin J. Individualized Surgical Approach Planning for Petroclival Tumors Using a 3D Printer. — *J Neurol Surg B Skull Base*. — 2016; 77 (3): 243—8. [PMID: 27175320](#)
9. Daniel M., Watson J., Hoskison E., Sama A. Frontal sinus models and onlay templates in osteoplastic flap surgery. — *J Laryngol Otol*. — 2011; 125 (1): 82—5. [PMID: 20831849](#)
10. Nishimoto S., Sotsuka Y., Kawai K., Fujita K., Kakibuchi M. Three-dimensional mock-up model for chondral framework in auricular reconstruction, built with a personal three-dimensional printer. — *Plast Reconstr Surg*. — 2014; 134 (1): 180e-181e. [PMID: 25028847](#)

**REFERENCES:**

1. Ryakhovsky A.N., Polyakova M.V. Analysis of accuracy of matching virtual models and edentulous jaws of a patient in different ways. *The Dental Institute*. 2012; 3 (56): 64—67 (In Russian). [eLibrary ID: 18038206](#)
2. Apresyan S.V., Stepanov A.G., Vardanyan B.A. Digital protocol for comprehensive planning of dental treatment. Clinical case analysis. *Stomatology*. 2021; 3: 65—71 (In Russian). [eLibrary ID: 46222733](#)
3. Kostjukova V.V., Riakhovskii A.N., Ukhanov M.M. Comparative study of intraoral 3D digital scanners for restorative dentistry. *Stomatology*. 2014; 1: 53—59 (In Russian). [eLibrary ID: 21218165](#)
4. Apresyan S.V., Suonio V.K., Stepanov A.G., Kovalskaya T.V. Evaluation of functional potential of CAD-programs in integrated digital planning of dental treatment. *Russian Journal of Dentistry*. 2020; 3: 131—134 (In Russian). [eLibrary ID: 44005657](#)
5. Apresyan S.V., Stepanov A.G., Retinskaya M.V., Suonio V.K. Development of complex of digital planning of dental treatment and assessment of its clinical effectiveness. *Russian Journal of Dentistry*. 2020; 3: 135—140 (In Russian). [eLibrary ID: 44005658](#)
6. Borodina I.D., Grigoryants L.S., Gadzhiev M.A., Apresyan S.S., Batov R.V., Stepanov A.G., Apresyan S.V. Comparative evaluation of the accuracy of the dental arch display using modern intraoral three-dimensional scanners. *Russian Journal of Dentistry*. 2022; 4: 287—297 (In Russian). [eLibrary ID: 49487536](#)
7. Patel A., Levine J., Brecht L., Saadeh P., Hirsch D.L. Digital technologies in mandibular pathology and reconstruction. *Atlas Oral Maxillofac Surg Clin North Am*. 2012; 20 (1): 95—106. [PMID: 22365432](#)
8. Muelleman T.J., Peterson J., Chowdhury N.I., Gorup J., Camarata P., Lin J. Individualized surgical approach planning for petroclival tumors using a 3D printer. *J Neurol Surg B Skull Base*. 2016; 77 (3): 243—8. [PMID: 27175320](#)
9. Daniel M., Watson J., Hoskison E., Sama A. Frontal sinus models and onlay templates in osteoplastic flap surgery. *J Laryngol Otol*. 2011; 125 (1): 82—5. [PMID: 20831849](#)
10. Nishimoto S., Sotsuka Y., Kawai K., Fujita K., Kakibuchi M. Three-dimensional mock-up model for chondral framework in auricular reconstruction, built with a personal three-dimensional printer. *Plast Reconstr Surg*. 2014; 134 (1): 180e-181e. [PMID: 25028847](#)

11. Апресян С.В., Степанов А.Г., Антоник М.М., Дегтярев Н.Е., Кравец П.Л., Лихненко М.Н., Малазоня Т.Т., Саркисян Б.А. Комплексное цифровое планирование стоматологического лечения. — М.: Мозартика, 2020. — С. 218—235. [eLibrary ID: 49243391](#)
12. Zimmermann M., Mehl A. Virtual smile design systems: a current review. — *Int J Comput Dent.* — 2015; 18 (4): 303—17. [PMID: 26734665](#)
13. Ряховский А.Н. Новая концепция 4Д виртуального планирования в стоматологии. — *Цифровая стоматология.* — 2019; 1: 11—21. [eLibrary ID: 39165059](#)
14. Ряховский А.Н. Aesthetogramma as qualitative appreciation of dentitions visual image. — *Стоматология.* — 2009; 4: 63—67. [eLibrary ID: 13332504](#)
15. Coachman C., Calamita M.A., Sesma N. Dynamic documentation of the smile and the 2D/3D digital smile design process. — *Int J Periodontics Restorative Dent.* — 2017; 37 (2): 183—193. [PMID: 28196157](#)
16. Chae M.P., Rozen W.M., McMenemy P.G., Findlay M.W., Spychal R.T., Hunter-Smith D.J. Emerging applications of bedside 3D printing in plastic surgery. — *Front Surg.* — 2015; 2: 25. [PMID: 26137465](#)
17. Abbas A.T. Reconstruction skeleton for the lower human jaw using CAD/CAM/CAE. — *Journal of King Saud University — Engineering Sciences.* — 2012; 24 (2): 159—164 [DOI: 10.1016/j.jksues.2011.10.003](#)
11. Apresyan S.V., Stepanov A.G., Antonik M.M., Degtyarev N.E., Kravets P.L., Likhnenko M.N., Malazonia T.T., Sarkisyan B.A. Comprehensive digital planning of dental treatment: a practical guide. Moscow: Mozartica, 2020. Pp. 218—235 (In Russian). [eLibrary ID: 49243391](#)
12. Zimmermann M., Mehl A. Virtual smile design systems: a current review. *Int J Comput Dent.* 2015; 18 (4): 303—17. [PMID: 26734665](#)
13. Ryakhovskiy A.N. The new concept of 4D virtual planning in dentistry. *Digital Dentistry.* 2019; 1: 11—21 (In Russian). [eLibrary ID: 39165059](#)
14. Riakhovskii A.N. Aesthetogramma as qualitative appreciation of dentitions visual image. *Stomatology.* 2009; 4: 63—67 (In Russian). [eLibrary ID: 13332504](#)
15. Coachman C., Calamita M.A., Sesma N. Dynamic documentation of the smile and the 2D/3D digital smile design process. *Int J Periodontics Restorative Dent.* 2017; 37 (2): 183—193. [PMID: 28196157](#)
16. Chae M.P., Rozen W.M., McMenemy P.G., Findlay M.W., Spychal R.T., Hunter-Smith D.J. Emerging applications of bedside 3D printing in plastic surgery. *Front Surg.* 2015; 2: 25. [PMID: 26137465](#)
17. Abbas A.T. Reconstruction skeleton for the lower human jaw using CAD/CAM/CAE. *Journal of King Saud University Engineering Sciences.* 2012; 24 (2): 159—164 [DOI: 10.1016/j.jksues.2011.10.003](#)