

DOI: 10.37988/1811-153X\_2021\_1\_131

Ю.А. Вокулова<sup>1</sup>,  
к.м.н., врач — стоматолог-ортопед,  
зав. стоматологическим отделением

Е.Н. Жулев<sup>2</sup>,  
д.м.н., профессор кафедры ортопедической  
стоматологии и ортодонтии

<sup>1</sup> Поликлиника № 2 Федеральной  
таможенной службы, Нижний Новгород

<sup>2</sup> Приволжский исследовательский  
медицинский университет

## Результаты изучения цифровых изображений базисов полных съемных протезов, изготовленных с помощью 3D-печати и традиционных технологий

**Реферат. Цель** — изучить размерную точность базисов полных съемных протезов, изготовленных с применением цифровых и традиционных технологий. **Материалы и методы.** Базисы полных съемных протезов изготавливали с применением внутриротового лазерного сканера iTero Cadent (США) и 3D-принтера Asiga Max UV (Австралия). Цифровые изображения базисов полных съемных протезов изучали с помощью компьютерной программы MeshLab. Для статистического анализа полученных данных применяли непараметрический *U*-критерий Манна—Уитни. **Результаты.** На основании полученных данных установлено, что базисы полных съемных протезов, изготовленные с помощью современных цифровых технологий, обладают большей размерной точностью (среднее значение медианного расстояния  $0,0771 \pm 0,0158$  мм) по сравнению с базисами полных съемных протезов, изготовленными традиционным методом (среднее значение медианного расстояния  $0,1357 \pm 0,0277$  мм) с уровнем значимости  $p < 0,05$  ( $U=0$ ,  $p=0,002$ ). **Заключение.** Сканирование беззубой верхней челюсти внутриротовым лазерным сканером позволяет изготовить с помощью 3D-принтера из биоинертного фотополимерного материала NextDent Base базисы полных съемных протезов с высокой размерной точностью.

**Ключевые слова:** цифровые технологии в стоматологии, цифровые оттиски, ExoCAD, внутриротовой сканер, 3D-печать, полные съемные протезы

### ДЛЯ ЦИТИРОВАНИЯ:

Вокулова Ю.А., Жулев Е.Н. Результаты изучения цифровых изображений базисов полных съемных протезов, изготовленных с помощью 3D-печати и традиционных технологий. — *Клиническая стоматология*. — 2021; 1 (97): 131—5. DOI: 10.37988/1811-153X\_2021\_1\_131

Yu.A. Vokulova<sup>1</sup>,  
PhD in Medical Sciences, prosthodontist,  
head of the Dental Department

E.N. Zhulev<sup>2</sup>,  
Grand PhD in Medical Sciences, professor  
of the Prosthodontics and orthodontics  
Department

<sup>1</sup> Russian Federal customs service Dental clinic  
No. 2, Nizhny Novgorod, Russia

<sup>2</sup> Privolzhsky Research Medical University,  
Nizhny Novgorod, Russia

### FOR CITATION:

Vokulova Yu.A., Zhulev E.N. Results of the study of digital images of the bases of complete removable prostheses made using 3D printing and traditional technologies. — *Clinical Dentistry (Russia)*. — 2021; 1 (97): 131—5. DOI: 10.37988/1811-153X\_2021\_1\_131

## Results of the study of digital images of the bases of complete removable prostheses made using 3D printing and traditional technologies

**Abstract. The aim** is to study the dimensional accuracy of the bases of complete removable prostheses made using digital and traditional technologies. **Materials and methods.** Bases of complete removable prostheses were made using an intraoral laser scanner iTero Cadent (USA) and a 3D printer Asiga Max UV (Australia). Digital images of the bases of complete removable prostheses were studied using the MeshLab computer program. The nonparametric Mann—Whitney *U*-test was used for statistical analysis of the obtained data. **Results.** Based on the data obtained, it was found that the bases of complete removable prostheses made using modern digital technologies have greater dimensional accuracy (average median distance  $0.0771 \pm 0.0158$  mm) compared to the bases of complete removable prostheses made using the traditional method (average median distance  $0.1357 \pm 0.0277$  mm) with a significance level of  $p < 0.05$  ( $U=0$ ,  $p=0.002$ ). **Conclusion.** Scanning the toothless upper jaw in an experiment with an intraoral laser scanner makes it possible to produce complete removable prostheses with high dimensional accuracy using the 3D printer from the bioinert photopolymer material NextDent Base.

**Key words:** digital technologies in dentistry, digital impressions, ExoCAD, intraoral scanner, 3D printing, complete removable prostheses

## ВВЕДЕНИЕ

Современные цифровые технологии позволяют автоматизировать процесс изготовления полных съемных протезов. Цифровые методы создания базисов полных съемных протезов основаны на получении виртуальных изображений челюстей пациентов с помощью внутриротовых [1–11] либо лабораторных сканеров, компьютерном моделировании и изготовлении с помощью субтрактивного либо аддитивного метода [12–21]. Традиционной технологией изготовления базисов полных съемных протезов является метод горячей полимеризации акриловой пластмассы [22]. В литературе встречаются отдельные описания клинических случаев изготовления полных съемных протезов с применением цифровых технологий [23–28]. Научных публикаций, посвященных изучению размерной точности базисов полных съемных протезов, изготовленных традиционным и цифровыми методами, сегодня крайне мало, они достаточно противоречивы и требуют дополнительных исследований [29–32].

**Цель** — изучить размерную точность базисов полных съемных протезов, изготовленных с применением цифровых и традиционных технологий.



Рис. 1. Схема проведения эксперимента  
[Fig. 1. Scheme of the experiment]



Рис. 2. Экспериментальная гипсовая модель верхней челюсти  
[Fig. 2. Experimental plaster model of the upper jaw]

## МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Для изучения размерной точности базисов полных съемных протезов была разработана специальная схема исследования (рис. 1), в которой использовали экспериментальную гипсовую модель беззубой верхней челюсти (рис. 2).

На первом этапе с помощью внутриротового лазерного сканера iTero Cadent (США) было получено 6 цифровых изображений экспериментальной модели. В программе DentalCAD проводили моделирование базисов полных съемных протезов (рис. 3а). Далее на 3D-принтере Asiga Max UV (рис. 3б) изготовили 6 базисов полных съемных протезов из фотополимерного материала NextDent Base.

На втором этапе получили 6 оттисков экспериментальной модели из силиконового материала Speedex (Coltene, Швейцария) и изготовили гипсовые модели из высокопрочного гипса Fujirock (GC, Япония). Далее по традиционной методике выплавления воска и формовки пластмассы Vertex Rapid (Vertex-Dental, Нидерланды) изготовили 6 базисов полных съемных протезов.

На третьем этапе с помощью лабораторного оптического сканера KaVo ARCTICA AutoScan (Германия)

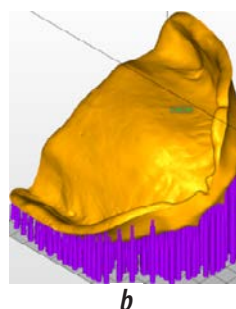
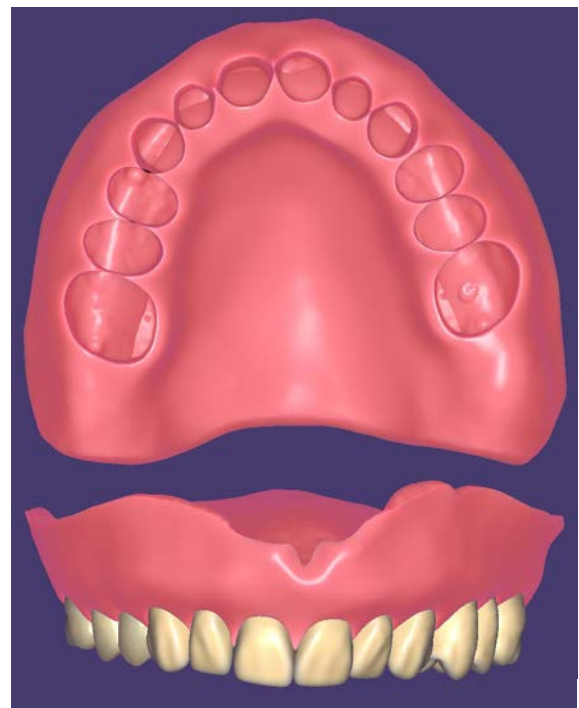


Рис. 3. А — моделирование полных съемных зубных протезов в программе DentalCAD; б — цифровое изображение базисов полных съемных протезов и моделирование системы поддержки при подготовке к печати на 3D-принтере

[Fig. 3. A — modeling of complete removable dentures in the Dental CAD program; b — digital image of the bases of complete removable dentures and modeling of the support system in preparation for printing on a 3D printer]

получали цифровые изображения экспериментальной модели и всех полученных в ходе эксперимента базисов полных съемных протезов. В программе MeshLab совмещали цифровое изображение экспериментальной модели с цифровыми изображениями базисов полных съемных протезов, полученных в ходе эксперимента. Совмещение цифровых изображений в MeshLab осуществляется автоматически. После наложения двух цифровых изображений программа рассчитывает медиану расстояний между цифровыми объектами. Алгоритм сравнения состоит в следующем:

1. Случайным образом выбирается достаточно большое число точек на двух цифровых изображениях, равное числу вершин в одной из моделей.
2. Для каждой точки одного цифрового изображения перебираются точки другого виртуального изображения для определения ближайшей. Расстояние между этими двумя точками запоминается.
3. Среди всех запомненных расстояний автоматически рассчитывается медиана расстояний между двумя цифровыми изображениями.

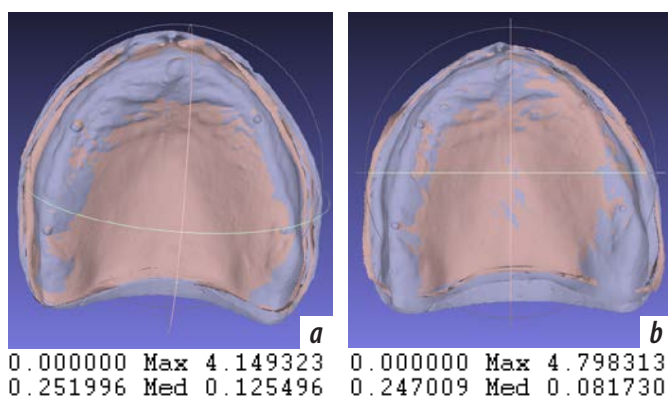


Рис. 4. Рабочее окно программы MeshLab с совмещенными цифровыми изображениями базисов полных съемных протезов: а — изготовленного традиционным методом; б — изготовленного на 3D-принтере Asiga Max UV из материала NextDent Base

[Fig. 4. Working window of the MeshLab program with combined digital images of the bases of complete removable prostheses: a — made by the traditional method; b — made on the Asiga Max UV 3D printer from NextDent Base material]

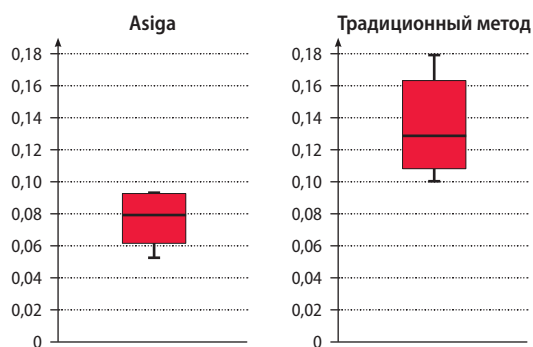


Рис. 5. Распределение медианы расстояний в зависимости от метода изготовления

[Fig. 5. Distribution of the median distance depending on the manufacturing method]

В приложении к нашему исследованию размерная точность базисов полных съемных протезов тем больше, чем меньше значение медианного расстояния (рис. 4) между цифровыми изображениями после их совмещения. Результаты измерений заносили в таблицы для последующего статистического анализа. В связи с тем, что использовали группы малых объемов, для анализа данных целесообразно применять непараметрический *U*-критерий Манна—Уитни. В данном исследовании в качестве критического был принят уровень значимости  $p=0,05$ . Уровень значимости  $p<0,05$  указывает, что вероятность ошибочного принятия гипотезы о различии групп меньше 0,05.

## РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Результаты измерения медианного расстояния между цифровым изображением экспериментальной модели и цифровыми изображениями базисов полных съемных протезов, изготовленных разными методами, представлены в табл. 1. На рис. 5 представлено сравнение распределения значений величины медианы расстояний, а в табл. 2 — описательная статистика.

Таблица 1. Медианное расстояние между цифровым изображением экспериментальной модели и цифровыми изображениями базисов полных съемных протезов, изготовленных разными методами (в мм)

[Table 1. Median distance between the digital image of the experimental model and digital images of the bases of complete removable prostheses made by different methods (mm)]

№	Метод изготовления	
	цифровой	традиционный
1	0,051704	0,099449
2	0,091105	0,123901
3	0,076736	0,125496
4	0,067337	0,179955
5	0,081730	0,131866
6	0,094009	0,153496
Среднее значение	0,077104	0,135694

Таблица 2. Описательные статистики распределения значений величины медианы расстояний

[Table 2. Descriptive statistics of the distribution of the values of the median distance]

	Метод изготовления	
	цифровой	традиционный
М±m	0,07710±0,01577	0,13570±0,02774
Медиана	0,07923	0,12870
Минимум	0,05170	0,09950
Максимум	0,09401	0,18000
25-й процентиль	0,06969	0,12430
75-й процентиль	0,08876	0,14810
Стандартная ошибка среднего	0,00644	0,01132

На основании полученных данных было установлено, что среднее значение медианного расстояния между цифровым изображением экспериментальной модели и цифровыми изображениями базисов полных съемных протезов, изготовленных на 3D-принтере, составляет  $0,07710 \pm 0,01577$  мм. Среднее значение медианного расстояния между цифровым изображением экспериментальной модели и цифровыми изображениями базисов полных съемных протезов, изготовленных традиционным методом, составляет  $0,13570 \pm 0,02774$  мм. Эти данные позволили сделать вывод о том, что базисы полных съемных протезов, изготовленные с помощью современных цифровых технологий (внутриротовое лазерное сканирование и 3D-принтер), обладают большей размерной точностью по сравнению с базисами полных съемных протезов, изготовленными традиционным методом с уровнем значимости  $p < 0,05$  ( $U=0$ ,  $p=0,002$ ).

Безусловно, представляют интерес исследования иностранных авторов, занимающихся изучением данной проблемы. В частности, Ну Chen и соавт. в своем исследовании не нашли статистических различий в размерной точности базисов полных съемных

протезов, изготовленных из восковых заготовок, полученных с помощью 3D-принтера и традиционным методом [31]. В.Ж. Goodacre и соавт. пришли к выводу, что полные съемные протезы, изготовленные с помощью CAD/CAM, обладают большей размерной точностью по сравнению с съемными протезами, изготовленными традиционным методом [32].

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Сканирование беззубой верхней челюсти внутриротовым лазерным сканером iTero Cadent позволяет изготовить на 3D-принтере Asiga Max UV из биоинертного фотополимерного материала NextDent Base базисы полных съемных протезов с высокой размерной точностью.

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

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

**Поступила/Accepted on:** 12.11.2020

## ЛИТЕРАТУРА / REFERENCES:

- Жулев Е.Н., Воклулова Ю.А.** Методика применения цифровых оттисков для изучения качества ретракции десневого края. — *Кубанский научный медицинский вестник*. — 2017; 1 (162): 46—8  
[Zhulev E.N., Vokulova Y.A. The technique of applying digital prints to explore the quality of the retraction of the gingival margin. — *Kuban Scientific Medical Bulletin*. — 2017; 1 (162): 46—8 (In Russ.)]. eLIBRARY ID: 29141493
- Ряховский А.Н.** Цифровая стоматология. — М.: Авантис, 2010. — С. 106—112  
[Ryahovskij A.N. Digital dentistry. — Moscow: Avantis, 2010. — P. 106—112 (In Russ.)].
- Birnbaum N.S., Stephens C., Aaronson H.B., Cohen B.** 3D Digital Scanners: a high-tech approach to more accurate dental impressions. — *Inside Dentistry*. — 2009; 5 (4). <https://www.dentalaegis.com/id/2009/04/3-dimensional-digital-scanners-a-high-tech-approach-to-more-accurate-dental-impressions>
- Flügge T.V., Schlager S., Nelson K., Nahles S., Metzger M.C.** Precision of intraoral digital dental impressions with iTero and extraoral digitization with the iTero and a model scanner. — *Am J Orthod Dentofacial Orthop*. — 2013; 144 (3): 471—8. PMID: 23992820
- Gallardo Y.R., Bohner L., Tortamano P., Pigozzo M.N., Laganá D.C., Sesma N.** Patient outcomes and procedure working time for digital versus conventional impressions: A systematic review. — *J Prosthet Dent*. — 2018; 119 (2): 214—9. PMID: 28967407
- Kim S.-Y., Kim M.-J., Han J.-S., Yeo I.-S., Lim Y.-J., Kwon H.-B.** Accuracy of dies captured by an intraoral digital impression system using parallel confocal imaging. — *Int J Prosthodont*. — 2013; 26 (2): 161—3. PMID: 23476911
- Logozzo S., Franceschini G., Kilpelae A., Caponi M., Governi L., Blois L.** A comparative analysis of intraoral 3d digital scanners for restorative dentistry. — *The Internet Journal of Medical Technology*. — 2008; 5 (1): 1—18 <http://ispub.com/IJMT/5/1/10082>
- Patzelt S.B.M., Lamprinos C., Stampf S., Att W.** The time efficiency of intraoral scanners: an in vitro comparative study. — *J Am Dent Assoc*. — 2014; 145 (6): 542—51. PMID: 24878708
- Patzelt S.B.M., Emmanouilidi A., Stampf S., Strub J.R., Att W.** Accuracy of full-arch scans using intraoral scanners. — *Clin Oral Investig*. — 2014; 18 (6): 1687—94. PMID: 24240949
- Seelbach P., Brueckel C., Wöstmann B.** Accuracy of digital and conventional impression techniques and workflow. — *Clin Oral Investig*. — 2013; 17 (7): 1759—64. PMID: 23086333
- Yuzbasioglu E., Kurt H., Turunc R., Bilir H.** Comparison of digital and conventional impression techniques: evaluation of patients' perception, treatment comfort, effectiveness and clinical outcomes. — *BMC Oral Health*. — 2014; 14: 10. PMID: 24479892
- Беляй А.М., Ермолаев Г.А.** Применение 3D технологий на этапах изготовления ортопедических конструкций. — В сб. матер. научно-практ. конф. «Комплексная реабилитация пациентов в клинике ортопедической стоматологии». — Минск: Интегралполиграф, 2017. — С. 78—80  
[Belyaj A.M., Ermolaev G.A. Application of 3D technologies at the stages of manufacturing orthopedic structures. — In proceedings of the "Comprehensive rehabilitation of patients in the clinic of orthopedic dentistry" conference. — Minsk: Integralpoligraf, 2017. — Pp. 78—80 (In Russ.)].
- Визер Ю.Ю., Елали А.Х.** Технологии 3D печати в медицине и стоматологии. — В сб. матер. всерос. конф. «Естественно-научные основы медико-биологических знаний». — Рязань, 2017. — С. 114—116  
[Vizer Y.Y., Elali A.H. 3D printing technologies in medicine and dentistry. — In proceedings of the "Natural science foundations of medical and biological knowledge" conference. — Rязань, 2017. — Pp. 114—116 (In Russ.)].
- Ермолаева К.А., Коршакевич И. С., Тихоненко Д.В.** Применение 3D-технологий в стоматологии. —

- В сб. научных трудов, посв. 125-летию основателя кафедры ортопедической стоматологии КГМУ проф. Исаака Михайловича Оксмана. — Казань: КГМУ, 2017. — С. 163—169  
[*Ermolaeva K.A., Korshakevich I.S., Tihonenko D.V.* Application of 3D technologies in dentistry. — In collection of scientific papers dedicated to the 125th anniversary of the founder of the Department of orthopedic dentistry of KSMU, Professor Isaac Mikhailovich Oxman. — Kazan: KSMU, 2017. — Pp. 163—169 (In Russ.).]
- 15. Карякин Н.Н., Горбатов Р.О.** 3D-печать в медицине. — М.: ГЭОТАР-Медиа, 2019. — С. 194—221  
[*Karyakin N.N., Gorbatov R.O.* 3D printing in medicine. — Moscow: GEOTAR-Media, 2019. — P. 194—221 (In Russ.).]
- 16. Шустова В.А., Шустов М.** А. Применение 3D-технологий в ортопедической стоматологии. — СПб: СпецЛит, — 2016. — С. 8—44  
[*Shustova V.A., Shustov M.A.* Application of 3D technologies in prosthetics dentistry. — Saint Petersburg: SpecLit, — 2016. — P. 8—44 (In Russ.).]
- 17. Dawood A., Marti B.M., Sauret-Jackson V., Darwood A.** 3D printing in dentistry. — *Br Dent J.* — 2015; 219 (11): 521—9. PMID: 26657435
- 18. Oberoi G., Nitsch S., Edelmayer M., Janjić K., Müller A.S., Agis H.** 3D Printing — *Encompassing the facets of dentistry.* — *Front Bioeng Biotechnol.* — 2018; 6: 172. PMID: 30525032
- 19. Garcia J., Yang Z.L., Mongrain R., Leask R.L., Lachapelle K.** 3D printing materials and their use in medical education: a review of current technology and trends for the future. — *BMJ Simul Technol Enhanc Learn.* — 2018; 4 (1): 27—40. PMID: 29354281
- 20. Chung Y.-J., Park J.-M., Kim T.-H., Ahn J.-S., Cha H.-S., Lee J.-H.** 3D printing of resin material for denture artificial teeth: Chipping and indirect tensile fracture resistance. — *Materials (Basel).* — 2018; 11 (10): 1798. PMID: 30248955
- 21. Tack P., Victor J., Gemmel P., Annemans L.** 3D-printing techniques in a medical setting: a systematic literature review. — *Biomed Eng Online.* — 2016; 15 (1): 115. PMID: 27769304
- 22. Лебеденко И.Ю., Арутюнов С.Д., Ряховский А.Н.** (ред.). Ортопедическая стоматология: национальное руководство. — М.: ГЭОТАР-Медиа, 2016. — С. 158  
[*Lebedenko I.Y., Arutyunov S.D., Ryahovskij A.N.* Prosthetic dentistry: national guide. — Moscow: GEOTAR-Media, 2016. — P. 158. (In Russ.).]
- 23. de Mendonça A.F., de Mendonça M.F., White G.S., Sara G., Littlefair D.** Total CAD/CAM Supported Method for Manufacturing Removable Complete Dentures. — *Case Rep Dent.* — 2016; 2016: 1259581. PMID: 27974977
- 24. Unkovskiy A., Wahl E., Zander A.T., Huettig F., Spintzyk S.** Intraoral scanning to fabricate complete dentures with functional borders: a proof-of-concept case report. — *BMC Oral Health.* — 2019; 19 (1): 46. PMID: 30866892
- 25. Kim T., Varjão F., Duarte S.** Esthetic rehabilitation of an edentulous arch using a fully digital approach. — In: Duarte S. (ed.) Quintessence of dental technology 2018. — Quintessence (USA), 2018. — Pp. 227—236.
- 26. Kanazawa M., Inokoshi M., Minakuchi S., Ohbayashi N.** Trial of a CAD/CAM system for fabricating complete dentures. — *Dent Mater J.* — 2011; 30 (1): 93—6. PMID: 21282882
- 27. Janeva N., Kovacevska G., Janev E.** Complete dentures fabricated with CAD/CAM technology and a traditional clinical recording method. — *Open Access Maced J Med Sci.* — 2017; 5 (6): 785—789. PMID: 29104691
- 28. Han W., Li Y., Zhang Y., Lv Y., Zhang Y., Hu P., Liu H., Ma Z., Shen Y.** Design and fabrication of complete dentures using CAD/CAM technology. — *Medicine (Baltimore).* — 2017; 96 (1): e5435. PMID: 28072686
- 29. Soltanzadeh P., Suprono M.S., Kattadiyil M.T., Goodacre C., Gregorius W.** An in vitro investigation of accuracy and fit of conventional and CAD/CAM removable partial denture frameworks. — *J Prosthodont.* — 2019; 28 (5): 547—55. PMID: 30407685
- 30. Kalberer N., Mehl A., Schimmel M., Müller F., Srinivasan M.** CAD-CAM milled versus rapidly prototyped (3D-printed) complete dentures: An in vitro evaluation of trueness. — *J Prosthet Dent.* — 2019; 121 (4): 637—43. PMID: 30711292
- 31. Chen H., Wang H., Lv P., Wang Y., Sun Y.** Quantitative evaluation of tissue surface adaption of CAD-designed and 3D printed wax pattern of maxillary complete denture. — *Biomed Res Int.* — 2015; 2015: 453968. PMID: 26583108
- 32. Goodacre B.J., Goodacre C.J., Baba N.Z., Kattadiyil M.T.** Comparison of denture base adaptation between CAD-CAM and conventional fabrication techniques. — *J Prosthet Dent.* — 2016; 116 (2): 249—56. PMID: 27112416