

DOI: <https://doi.org/10.17816/dent112077>

# Сравнительный анализ применения классических компрессионно-дистракционных аппаратов и новейшего устройства для непрерывной дистракции

Л.С. Калугина, О.З. Топольницкий, Р.Н. Федотов, А.А. Бегларян, О.А. Афаунова, Д.Р. Миннахметова

Российский университет медицины, Москва, Россия

## АННОТАЦИЯ

**Введение.** Известно, что при классическом компрессионно-дистракционном остеогенезе используется аппарат, работающий на принципе механического перемещения разводимых фрагментов костной ткани путём раздвигания поршня между жёстко фиксированными на костных фрагментах лапками аппарата. При этом управление процессом перемещения частично возлагается на пациента, так как подкручивание винта должно осуществляться за 4 приёма в сутки и врач не всегда имеет возможность осуществлять это лично, что может приводить к неконтролируемым результатам процесса получения костного регенерата. Для полного контроля над лечением пациента в период дистракции необходимо устройство, работающее непрерывно и автономно.

**Цель** — экспериментальная апробация автоматического дистракционного устройства для непрерывной дистракции с последующим изучением полученных костных регенератов и внедрением его в практическую челюстно-лицевую хирургию.

**Материалы и методы.** Разработано не имеющее аналогов дистракционное устройство, работающее по принципу непрерывного раздвижения фрагментов костной ткани и имеющее двигатель, в котором активация поршня происходит при электрохимической реакции. Аппарат производит дистракцию непрерывно, круглосуточно и автономно под управлением и контролем программного обеспечения с возможностью удалённого доступа.

Проанализированы статистические данные по лечению пациентов в клинике кафедры детской челюстно-лицевой хирургии Российского университета медицины за период 2010–2021 гг. Проведены стендовые испытания по разработке созданного аппарата; клинические испытания моделей аппаратов для непрерывной дистракции в различных темпах (1, 2, 3 мм в сутки) на опытных животных (собаках). Осуществляли рентгенологический контроль на этапах испытания, проводили исследования и анализ морфологического строения полученных костных регенератов.

**Результаты.** Анализ статистических данных показал, что в клинике кафедры за изучаемый период всего с применением дистракционных аппаратов пролечено 362 пациента. Это достаточно высокий процент относительно всех пациентов клиники. Исследования морфологического строения регенератов, полученных путём непрерывной дистракции с помощью созданного аппарата, выявили более высокую скорость получения регенератов и лучший контроль над ними, а также хорошие качественные характеристики и гистоморфологическую зрелость, наиболее выраженную у регенерата при непрерывной дистракции в темпе 2 мм в сутки.

**Заключение.** Созданы клинические рекомендации по применению устройства для непрерывной дистракции и выявлены его преимущества в сравнении с классическим дробным компрессионно-дистракционным аппаратом. Наш автоматический дистракционный аппарат для непрерывной дистракции позволяет рекомендовать его к внедрению и применению в практической медицине, учитывая темп 2 мм в сутки.

**Ключевые слова:** остеогенез; дистракционной остеогенез; непрерывная дистракция; костный регенерат; компрессионно-дистракционный остеогенез; автоматический дистракционный аппарат.

## Как цитировать:

Калугина Л.С., Топольницкий О.З., Федотов Р.Н., Бегларян А.А., Афаунова О.А., Миннахметова Д.Р. Сравнительный анализ применения классических компрессионно-дистракционных аппаратов и новейшего устройства для непрерывной дистракции // Российский стоматологический журнал. 2023. Т. 27, № 6. С. 541–549. DOI: <https://doi.org/10.17816/dent112077>

DOI: <https://doi.org/10.17816/dent112077>

# Analysis of the use of classical compression–distraction devices and the latest device for continuous distraction

Lubov' S. Kalugina, Orest Z. Topolnitsky, Roman N. Fedotov, Alina A. Beglaryan, Olga A. Afaunova, Diana R. Minnakhmetova

Russian University of Medicine, Moscow, Russia

## ABSTRACT

**BACKGROUND:** The device used in bone tissue fragment mechanical displacement by expanding the piston between rigidly fixed device legs on the bone fragments is known in classical compression–distraction osteogenesis. In such cases, the control of the displacement is partly left to the patient, since the screw turning must be performed in four sessions per day, and the doctor does not constantly have the opportunity to do it personally, which can lead to uncontrollable results of bone regeneration. To fully control the patient's treatment during distraction, a device that operates continuously and autonomously is required.

**AIM:** Creation and experimental testing of an automatic distraction device for continuous distraction followed by a study of the obtained bone regenerates and its implementation in practical maxillofacial surgery.

**MATERIALS AND METHODS:** To fully control the patient's treatment during the distraction, we developed an unparalleled distraction device based on the principle of continuous bone fragment separation, with a motor in which the piston is activated by an electrochemical reaction. The device performs distraction continuously, around the clock, and autonomously under the control and monitoring of the software and the possibility of remote access. This study included analysis of statistical data on patient treatment in the Russian University of Medicine Department of Pediatric Maxillofacial Surgery Clinic between 2010 and 2021, development and bench testing of devices and electronics, clinical trials of models of devices for continuous distraction at various rates (1, 2, and 3 mm/day) on experimental animals (dogs), X-ray control at the stages of testing, research and analysis of the morphological structure of the resulting bone regenerates, creation of clinical guidelines for the use of a continuous distraction day device, and identification of its advantages compared with the classic fractional compression–distraction device.

**RESULTS:** Statistical data analysis revealed that 362 patients were treated with distraction devices. This is a relatively high percentage in relation to all patients in the clinic. Studies of the morphological structure of regenerates obtained by continuous distraction with our latest device revealed a higher rate and control of regenerates, good quality characteristics, and histomorphological maturity, most pronounced in regenerates obtained by continuous distraction at a rate of 2 mm/day.

**CONCLUSION:** The need for treatment with distraction osteogenesis in the department's clinic is rather high; hence, this process should be controlled to improve treatment quality and speed. Our automatic distraction device designed for continuous distraction may be implemented and applied in practical medicine at an appropriate rate of 2 mm/day.

**Keywords:** osteogenesis; distraction osteogenesis; continuous distraction; bone regenerate; compression–distraction osteogenesis; automatic distraction device.

## To cite this article:

Kalugina LS, Topolnitsky OZ, Fedotov RN, Beglaryan AA, Afaunova OA, Minnakhmetova DR. Analysis of the use of classical compression–distraction devices and the latest device for continuous distraction. *Russian Journal of Dentistry*. 2023;27(6):541–549. DOI: <https://doi.org/10.17816/dent112077>

Received: 24.10.2022

Accepted: 03.02.2023

Published: 28.12.2023

## ВВЕДЕНИЕ

Метод компрессионно-дистракционного остеогенеза получил наибольшую популярность после публикации работ Г.А. Илизарова, активно вошёл в практику хирургов всего мира и используется по настоящее время, не теряя актуальности [1]. По сути, чтобы получить качественный костный регенерат, нужен только аппарат, спицы или винты для его фиксации и время без дополнительных расходов на костно-пластические материалы, мембраны и т.д. Дистракционный остеогенез подходит для устранения различных деформаций лицевого скелета у детей и взрослых; для создания условий ортодонтического лечения пациентов; для лиц с врождённой патологией, вторично-деформирующим остеоартрозом, анкилозом височно-нижнечелюстного сустава, недоразвитием челюстей и костей лицевого скелета на фоне следующих синдромов: Гольденхара, Пьера-Робена, Хангарта, Тричера-Коллинза-Франческетти, гемифациальной микросомии, алкогольно-фетального [2]. При этом в процессе дистракционного остеогенеза можно получить объём регенерата как по толщине, так и по длине, а при использовании двунаправленного дистракционного аппарата регенерат будет организовываться в большем объёме в двух векторах [3–4].

Дистракция — это дозированное по времени растяжение костных фрагментов в условиях их жёсткой фиксации [5]. При классическом варианте дистракции регенерируют костная ткань, надкостница и другие параоссальные ткани [6–8]. Обычно дистракция фрагментов происходит дробно в режиме 1 мм в сутки за 4 приёма (по 0,25 мм за оборот). Осуществляется этот процесс пациентом или его родителями путём подкручивания специального винта, ручки или ключа, далее действия вносятся в график дистракции также пациентом. Врач же осуществляет контроль над этим процессом путём рентгенологической диагностики и анализа графика, причём контроль этот довольно относителен, так как пациент или родитель могут совершить ошибку: не сделать вовремя активацию аппарата или произвести её чрезмерно, что приведёт к нарушению темпа дистракции и соответственно повлияет на формирование костного регенерата.

Разработанный автоматический дистракционный аппарат даёт возможность осуществлять дистракцию под непосредственным контролем лечащего врача с помощью программного обеспечения на персональном компьютере, без привлечения к процессу активации дистрактора самого пациента. Непрерывный режим работы прибора позволяет получить прирост костной ткани в более быстрые сроки без потери качественных свойств. Врач, пользующийся аппаратом, может задавать любой темп и контролировать скорость дистракции, не привязывая пациента к нахождению в клинике.

Поскольку режим дистракции полностью непрерывный, созданный аппарат абсолютно исключает травматизацию новообразованного регенерата и не вызывает его

деформаций в процессе дистракционного остеогенеза. Особенностью наших экспериментальных исследований является отсутствие этапа компрессии фрагментов костной ткани, что также ускоряет период реабилитации.

## МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Проанализированы статистические данные по пациентам, проходившим лечение с применением дистракционных аппаратов в клинике кафедры детской челюстно-лицевой хирургии Российского университета медицины за 2010–2021 гг. Авторами разработан, создан, апробирован в стендовых и лабораторных испытаниях на опытных животных (собаках) новейший автоматический дистракционный аппарат с двигателем, принцип работы которого основан на непрерывном перемещении поршня посредством электролитической реакции, контролируемой через программное обеспечение на персональном компьютере.

Этапы исследования:

- анализ статистических данных за 2010–2021 гг. по лечению пациентов в клинике кафедры по нозологиям с различными видами дистракции и типами аппаратов ( $n=362$ );
- экспериментальные исследования клинической модели созданных аппаратов на животных (собаках) при различных темпах дистракции (1, 2, 3 мм в сутки) в непрерывном режиме;
- анализ клиничко-рентгенологических особенностей построения регенерата при различных темпах проведения непрерывной дистракции на новом аппарате в периоды дистракции и ретенции;
- гистоморфологическое изучение полученных костных регенератов, забранных после ретенционного периода, при разных темпах непрерывной дистракции с помощью электронной микроскопии;
- на основании полученных данных создание аппарата для клинического применения, его внедрение в практическую медицину с соответствующими рекомендациями по режиму работы.

Проанализированы истории болезни пациентов из архива базы данных Центра стоматологии и Клинического центра челюстно-лицевой, пластической хирургии и стоматологии Российского университета медицины. Пациенты разделены на группы по годам (с 2010 по 2021 год), по возрасту, полу, патологиям, типу дистракции. Выполнена дистракция при помощи аппаратов производства ООО «Конмет»: однонаправленных компрессионно-дистракционных аппаратов (КДА), двунаправленных КДА, небных дистракторов, скуловых для верхней челюсти по LeFort III, компрессионно-дистракционного устройства (КДУ) для подбородочного отдела, дистракционного устройства для верхней челюсти, КДА для подъёма альвеолярного гребня. Аппараты устанавливали в зависимости от показаний и цели дистракции, согласно протоколам, с последующим послеоперационным ведением и реабилитацией

пациента. Во всех случаях получены костные регенераты, а контроль за проведением дистракции осуществлял лечащий врач. Пациенты непосредственно участвовали в подкручивании дистракционного устройства. Все эти устройства — механического типа и, в зависимости от аппарата, дробность дистракции составляет 0,5; 0,3; 0,4; 0,8; 1,0; 0,9 мм за один оборот. Состояние регенератов оценивали клинически и рентгенологически в процессе дистракции, в период ретенции и на этапе после снятия аппаратов, а также проводили визуальную оценку качества регенерата при снятии дистракционного устройства. Реабилитацию пациентов осуществляли комплексно с участием врачей-ортодонтот и ортодонтического лечения.

После предварительного тестирования прототипов аппаратов на базе кафедры детской челюстно-лицевой хирургии Российского университета медицины нами совместно с ООО «Конмет» созданы и испытаны в экспериментальной лаборатории Национального медицинского исследовательского центра травматологии и ортопедии имени Н.Н. Приорова клинические образцы автоматических дистракционных аппаратов с комплектом обратной связи и датчиками напряжения.

Были подобраны опытные животные (щенки) одного возраста и комплекции, которых разделили на группы. На базе ветеринарного центра в условиях общего внутривенного наркоза устанавливали дистракционные аппараты на тело нижней челюсти собак справа и слева (рис. 1) с одномоментным рентгенологическим контролем фиксации аппаратов и линии проведённой остеотомии. На шею каждой собаки фиксировали защитный пластиковый конус (воротник) для предотвращения повреждения аппаратов и комплекта электроники.

После операции все животные вели себя активно, послеоперационные отёки были минимальными. В течение первых 5 сут щенкам выполняли внутримышечные инъекции антибактериальных, противовоспалительных и антигистаминных препаратов для предотвращения послеоперационных осложнений.

Под внутривенной седацией на 7-е сутки после установки к аппаратам подключали электронные блоки управления с программой непрерывного растяжения (1, 2 и 3 мм в сутки), активировали процесс дистракции.

Во всех группах животных на момент окончания эксперимента расстояние между остеотомированными фрагментами составило 10 мм. Это зависело от количества электролита и максимального выдвижения поршня — на 1,0 см соответственно. Окончание дистракции в группе с темпом 3 мм в сутки пришлось на 4-е сутки, в группе с темпом 1 мм в сутки процесс перемещения завершился на 9-й день, в группе с темпом 2 мм — на 5-е сутки. Рентгенологический контроль осуществляли сразу после установки дистракционных аппаратов, по окончании перемещения фрагментов — на 4, 5 и 10-е сутки соответственно группам, а также на 30-е сутки в период ретенции.

При анализе рентгенограмм, сделанных в период ретенции во всех группах, определялись характерные признаки оссификации новообразованных регенератов независимо от темпа дистракции между фрагментами; при этом наиболее зрелым и рентгенологически качественным представлялся регенерат с темпом непрерывной дистракции 2 мм в сутки (рис. 2).

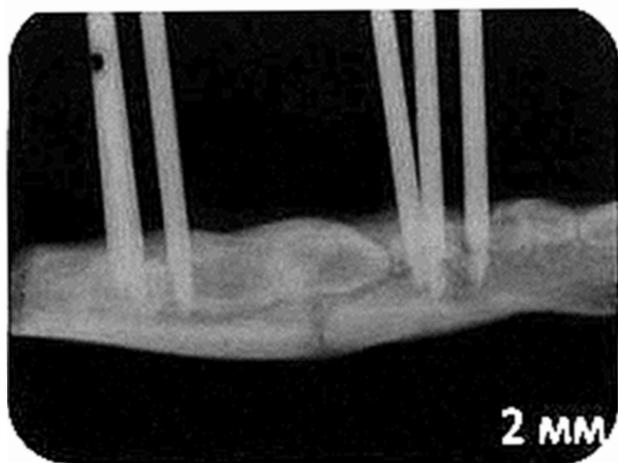
На 30-е сутки в условиях внутривенного наркоза производили снятие аппаратов и забор участков челюстей, подвергшихся дистракции.

С целью гистологического исследования из каждой челюсти, фиксированной в 10% нейтральном забуференном формалине, выпиливали фрагменты с зоной дистракции размерами 1,0×1,0×0,3 см. После декальцинации, обезвоживания и заливки в парафин получали срезы толщиной 4–5 мкм, которые нарезали и расправляли на предметных стеклах. Окрашивали гематоксилином и эозином в автомате Varistain GEMINI AS (Германия). Гистологические препараты исследовали на микроскопе с видеокамерой AxioLab A1 (Carl Zeiss, Германия), используя микрофотосъёмку.



**Рис. 1.** Дистракционное устройство, зафиксированное на тело нижней челюсти собаки справа.

**Fig. 1.** The distraction device fixed on the lower jaw body of the dog on the right.



**Рис. 2.** Рентгенограмма регенерата, полученного с темпом непрерывной дистракции 2 мм в сутки.

**Fig. 2.** X-ray of the regenerate obtained with a continuous distraction rate of 2 mm per day.

## РЕЗУЛЬТАТЫ

При анализе статистических данных установлено, что по трансверзальному расширению верхней челюсти всего пролечено за период с 2010 по 2021 год 174 пациента, из них 73 мальчика (42,5%) и 101 девочка (57,5%). Максимальное количество пациентов пришлось на 2017 год: девочек — 18 человек, мальчиков — 32 человека.

Возраст пациентов составил от 10 до 17 лет: 10–12 лет: 8 пациентов (4,6%), из них 5 мальчиков и 3 девочки;

13–14 лет: 33 пациента (19%), из них 15 мальчиков и 18 девочек; 15–17 лет: 133 пациента (76,4%), из них 51 мальчик и 82 девочки.

При распределении пациентов по патологиям с трансверзальным расширением верхней челюсти получены следующие результаты (табл. 1).

Анализ статистических данных пациентов, которым проводилось удлинение нижней челюсти, показал, что всего пролечено 165 человек за период с 2010 по 2021 год, из них 84 мальчика (48,8%) и 81 девочка (51,2%). Максимальное количество пациентов пришлось на 2019 год — 21 человек.

Одностороннее удлинение выполнено 120 пациентам (71,7%), из них 57 мальчиков и 63 девочки; двустороннее удлинение — 47 пациентам (28,3%), из них 28 мальчиков и 19 девочек. При этом левостороннее удлинение проведено 62 пациентам (52,1%), из которых 30 мальчиков и 32 девочки; правостороннее — 57 (47,9%), из которых 29 мальчиков и 28 девочек.

Возраст детей, которым проводили удлинение нижней челюсти, составил от 2 до 17 лет: 2–4 года: 8 человек (4,8%), из них 2 мальчика и 6 девочек; 5–7 лет: 24 человека (14,5%), из них 15 мальчиков и 9 девочек; 8–10 лет: 42 человека (25,3%), из них 21 мальчик и 21 девочка; 11–13 лет: 59 человек (35,5%), из них 29 мальчиков и 30 девочек; 14–17 лет: 33 человека (19,9%), из них 18 мальчиков и 15 девочек.

Результаты распределения пациентов с удлинением нижней челюсти по патологиям представлены в табл. 2.

**Таблица 1.** Распределение пациентов по патологиям с трансверзальным расширением верхней челюсти

**Table 1.** Patients with maxillary transverse expansion distribution by various abnormalities

Патология	Мальчики	Девочки	Всего, n/%
Врождённое недоразвитие и сужение верхней челюсти, мезиальная окклюзия	41	74	115/66,10
Врождённое сужение верхней челюсти, недоразвитие нижней челюсти, дистальная окклюзия	5	10	15/8,60
Врождённое сужение верхней челюсти с вертикальной резцовой дизокклюзией	5	3	8/4,59
Врождённое сужение и недоразвитие верхней челюсти, обусловленное врождёнными расщелинами губы, нёба, альвеолярного отростка	13	4	17/9,77
Врождённое сужение верхней челюсти в сочетании с деформацией нижней челюсти, обусловленной анкилозом или вторичным деформирующим остеоартрозом височно-нижнечелюстного сустава	5	4	9/5,20
Врождённое недоразвитие челюстей, обусловленное синдромами Пьера–Робена, Гольденхара	4	6	10/5,74

**Таблица 2.** Распределение пациентов с удлинением нижней челюсти по патологиям

**Table 2.** Patients with mandibular extension distribution by various abnormalities

Патология	Мальчики	Девочки	Всего, n/%
Дефект, деформация нижней челюсти, обусловленная анкилозом, вторичным деформирующим остеоартрозом височно-нижнечелюстного сустава	63	54	117/70,9
Послеоперационный, посттравматический дефект, деформация нижней челюсти	4	3	7/4,2
Дефект, деформация нижней челюсти, обусловленная синдромами Пьера–Робена, Гольденхара	16	20	36/21,8
Дефект, деформация нижней челюсти, обусловленная гипоплазией мышечкового отростка	1	4	5/3,1

При анализе статистических данных случаев с выдвиганием верхней челюсти выявлено, что всего за период с 2010 по 2021 год пролечено 15 пациентов. Из них 9 мальчиков (60%) и 6 девочек (40%).

Возраст пациентов составил от 10 до 17 лет: 10–12 лет: 5 пациентов (33,3%), из них 3 мальчика и 2 девочки; 13–15 лет: 2 пациента (13,3%), из них 1 мальчик и 1 девочка; 16–17 лет: 8 пациентов (53,4%), из них 5 мальчиков и 3 девочки.

Согласно статистическим данным, за период с 2010 по 2021 год пролечено 7 пациентов с расширением нижней челюсти, из них 3 мальчика (42,9%) и 4 девочки (57,1%).

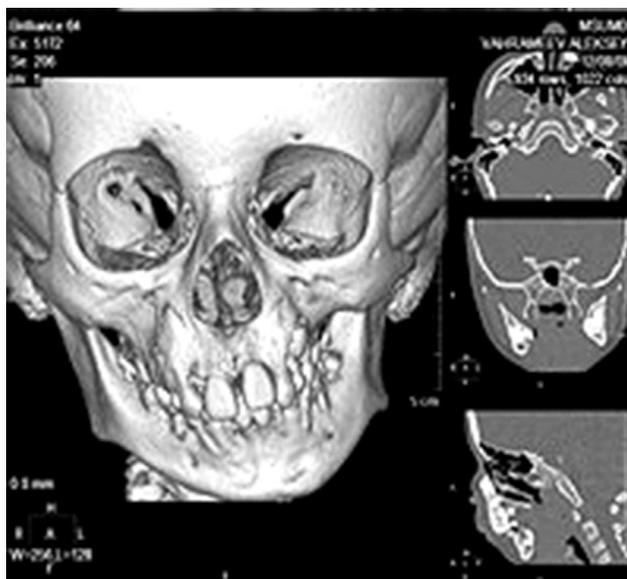
Возраст пациентов составил от 11 до 17 лет: 11–14 лет: 2 пациента (28,6%), обе девочки; 15–17 лет: 5 пациентов (71,4%), из них 3 мальчика и 2 девочки.

В качестве примера предоставим клинический случай применения классического механического КДА

у пациента В., 7 лет, диагноз: «вторично-деформирующий остеоартроз левого височно-нижнечелюстного сустава. Недоразвитие тела, угла и ветви нижней челюсти слева, ограничение открывания рта до 1,5 см. Данное состояние возникло в результате родовой травмы, пациент наблюдался по месту жительства, деформация с возрастом усугублялась, ограничение открывания рта нарастало (рис. 3).

Пациент поступил на лечение в клинику кафедры, где ему выполнили остеотомию ветви нижней челюсти слева с удалением патологических разрастаний; остеотомию в области угла и частично ветви нижней челюсти слева с одномоментным наложением однонаправленного механического КДА (рис. 4).

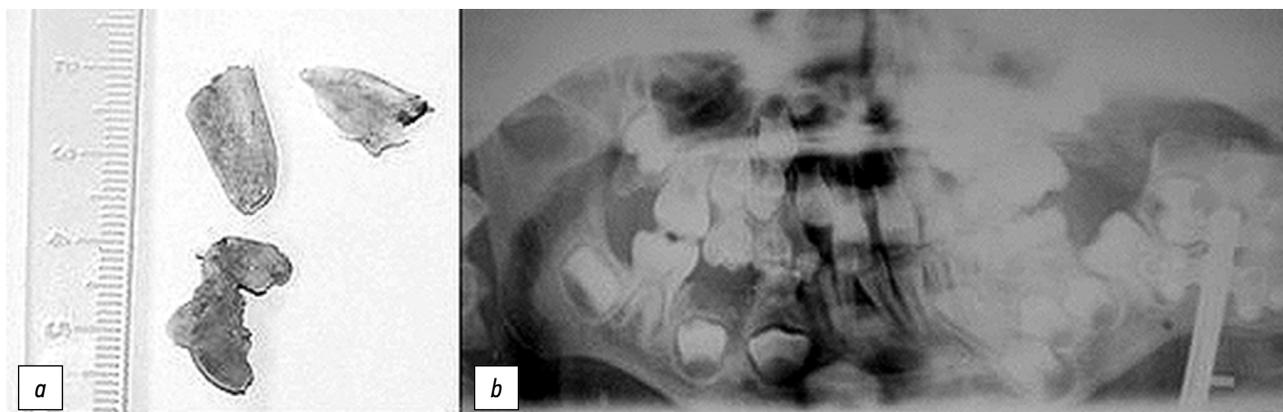
Режим дистракции был дробным — 1 мм в сутки по 0,25 мм за 4 приёма в течение 20 дней, общая величина дистракции составила 2,0 см (рис. 5).



**Рис. 3.** МСКТ пациента В., 7 лет, до начала лечения.  
**Fig. 3.** MSCT of the patient V., 7 years old, before the treatment.



**Рис. 5.** Рентгенограмма пациента В., 7 лет, на 20-е сутки дистракции, величина дистракции 2,0 см.  
**Fig. 5.** X-ray of the patient V., 7 years old, on the 20th day of distraction, the amount of distraction is 2.0 cm.



**Рис. 4.** Пациент В., 7 лет: *a* — удалённые во время операции патологические разрастания костной ткани; *b* — рентгенограмма с компрессионно-дистракционным устройством сразу после операции.  
**Fig. 4.** Patient V., 7 years old: *a* — pathological bone tissue growths removed during the surgery; *b* — X-ray of the patient with compression-distraction device immediately after the surgery.

Пациенту параллельно с хирургической реабилитацией изготовлен ортодонтический аппарат, проводилось ортодонтическое лечение на пластинке. Все этапы дистракции (подкручивание аппарата), кроме первого оборота, выполняли родители пациента под контролем лечащего врача. На период ретенции штангу для фиксации торцевого ключа редуцировали и потом отправили пациента домой. Дальнейший контроль за состоянием КДУ осуществляли также родители. Ортодонтическое долечивание и контрольные осмотры врачом хирургом-стоматологом пациент эпизодически получал по месту жительства. Дистракционный аппарат сняли через 9 мес ретенции. В итоге достигнут хороший эстетический и функциональный результат лечения:

открытие рта — в полном объёме, нормализована функция откусывания и пережёвывания пищи (рис. 6).

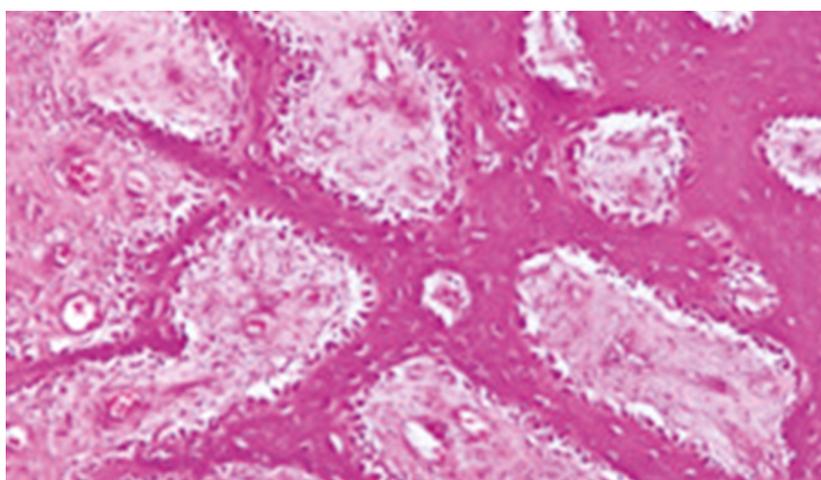
Применение в эксперименте новейшего дистракционного устройства объективно показало возможность построения регенератов костной ткани при непрерывной дистракции в различных темпах. При этом морфологическое исследование новообразованных регенератов выявило наиболее гистоморфологически зрелую костную ткань в темпе 2 мм в сутки (рис. 7).

Таким образом, возможность удалённо контролировать процесс дистракции, чётко отслеживать перемещение фрагментов, состояние фрагментов костной ткани на этапе ретенции является критерием выбора в сторону



**Рис. 6.** Пациент В., 7 лет: *a* — до лечения; *b* — после лечения.

**Fig. 6.** Patient V., 7 years old: *a* — before the treatment; *b* — after the treatment.



**Рис. 7.** Губчатая кость, полученная с темпом непрерывной дистракции 2 мм в сутки: участок выраженного роста и ремоделирования костной ткани; новообразованные костные трабекулы — узкие и извитые; остеоны — с новообразованной костной тканью, большим числом лаун с остеобластами и остеоцитами; каналы — с разрастанием отёчной соединительной ткани, с расширенными полнокровными сосудами, большим количеством остеобластов, формирующих палисады на границах с костной тканью; остеокласты единичные. Окраска гематоксилином и эозином,  $\times 120$ .

**Fig. 7.** Spongy bone obtained with a continuous distraction rate of 2 mm per day: area of pronounced growth and remodeling of bone tissue; newly formed bone trabeculae are narrow and tortuous; osteons with newly formed bone tissue, a large number of gaps with osteoblasts and osteocytes; channels with proliferation of edematous connective tissue, with dilated full-blooded vessels, a large number of osteoblasts forming palisades at the borders with bone tissue; single osteoclasts. Staining with hematoxylin and eosin,  $\times 120$ .

электронной версии КДУ. Дистанционное управление созданным устройством снимает ответственность за движения поршня аппарата с пациента и позволяет врачу полностью контролировать все процессы, причём как из соседнего кабинета, так и на расстоянии в другом регионе.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Проведённый статистический анализ выявил, что пациенты нуждаются в применении компрессионно-дистракционных аппаратов для лечения в различных клинических ситуациях. Установлена также необходимость компьютеризировать этот процесс, чтобы иметь возможность проводить и контролировать дистракцию удалённо.

Успешные результаты экспериментального применения новейшего непрерывного электронного дистракционного аппарата позволяют рекомендовать его к внедрению в практическую медицину. Аппарат можно использовать в детской челюстно-лицевой хирургии для реабилитации пациентов, нуждающихся в проведении дистракционного остеогенеза; для устранения дефектов, деформаций челюстей, в том числе после лечения вторично-деформирующего остеоартроза, анкилоза, недоразвития челюстей при врождённой расщелине губы и нёба.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Шевцов В.И., Ерофеев С.А., Горбач Е.Н., Еманов А.А. Особенности костеобразования при удлинении голени автоматическими дистракторами с темпом 3 мм за 180 приемов // Гений ортопедии. 2006. № 1. С. 10–16. EDN: IYDANV
2. Amarnath B.C., Dharma R.M., Prashanth C.S., Rajkumar G.C. Distraction osteogenesis, a new hope for tmj ankylosis (case report) // Journal of Dental Sciences and Research. 2011. Vol. 2, N 1. P. 108–115.
3. McCarthy J.G., Williams J.K., Grayson B.H., Crombie J.S. Controlled multiplanar distraction of the mandible: device development and clinical application // J Craniofac Surg. 1998. Vol. 9, N 4. P. 322–329. doi: 10.1097/00001665-199807000-00006
4. Choi I.H., Chung C.Y., Cho T.J., Yoo W.J. Angiogenesis and mineralization during distraction osteogenesis // J Korean Med Sci. 2002. Vol. 17, N 4. P. 435–447. doi: 10.3346/jkms.2002.17.4.435

## REFERENCES

1. Shevtsov VI, Yerofeyev SA, Gorbach EN, Yemanov AA. Osteogenesis features for leg lengthening using automatic distractors with the rate by 3 mm for 180 times (an experimental study). *Genij Ortopedii*. 2006;(1):10–16. EDN: IYDANV
2. Amarnath BC, Dharma RM, Prashanth CS, Rajkumar GC. Distraction osteogenesis, a new hope for tmj ankylosis (case report). *Journal of Dental Sciences and Research*. 2011;2(1):108–115.
3. McCarthy JG, Williams JK, Grayson BH, Crombie JS. Controlled multiplanar distraction of the mandible: device development and clinical application. *J Craniofac Surg*. 1998;9(4):322–329. doi: 10.1097/00001665-199807000-00006

## ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ИНФОРМАЦИЯ

**Источник финансирования.** Авторы заявляют об отсутствии внешнего финансирования при проведении исследования и подготовке публикации.

**Конфликт интересов.** Авторы декларируют отсутствие явных и потенциальных конфликтов интересов, связанных с проведённым исследованием и публикацией настоящей статьи.

**Вклад авторов.** О.З. Топольницкий — концепция и дизайн исследования; Л.С. Калугина, Р.Н. Федотов — сбор и обработка материала; О.А. Афаунова, Д.Р. Миннахметова — статистическая обработка результатов; Л.С. Калугина, О.З. Топольницкий — написание текста; А.А. Бегларян — редактирование статьи.

## ADDITIONAL INFORMATION

**Funding source.** This study was not supported by any external sources of funding.

**Competing interests.** The authors declare that they have no competing interests.

**Authors' contribution.** O.Z. Topolnitsky — conception and study design; L.S. Kalugina, R.N. Fedotov — materials collection and processing; O.A. Afaunova, D.R. Minnakhmetova — statistic data processing; L.S. Kalugina, O.Z. Topolnitsky — text writing; A.A. Beglaryan — editing.

5. Mandell D.L., Yellon R.F., Bradley J.P., et al. Mandibular distraction for micrognathia and severe upper airway obstruction // Arch Otolaryngol Head Neck Surg. 2004. Vol. 130, N 3. P. 344–348. doi: 10.1001/archotol.130.3.344
6. Korkmaz M., Oztürk H., Bulut O., et al. Ilizarov tipi eksternal fiksatörle belirli süreli distraksiyonun kırık iyileşmesi üzerine etkisi // Acta Orthop Traumatol Turc. 2005. Vol. 39, N 3. P. 247–257.
7. Menon S., Manerikar R., Roy Chowdhury S.K., Murali Mohan S. Distraction osteogenesis in management of mandibular deformities // Med J Armed Forces India. 2005. Vol. 61, N 4. P. 345–347. doi: 10.1016/S0377-1237(05)80061-9
8. Monasterio F.O., Molina F., Berlanga F., et al. Swallowing disorders in Pierre Robin sequence: its correction by distraction // J Craniofac Surg. 2004. Vol. 15, N 6. P. 934–941. doi: 10.1097/00001665-200411000-00009

4. Choi IH, Chung CY, Cho TJ, Yoo WJ. Angiogenesis and mineralization during distraction osteogenesis. *J Korean Med Sci*. 2002;17(4):435–447. doi: 10.3346/jkms.2002.17.4.435
5. Mandell DL, Yellon RF, Bradley JP, et al. Mandibular distraction for micrognathia and severe upper airway obstruction. *Arch Otolaryngol Head Neck Surg*. 2004;130(3):344–348. doi: 10.1001/archotol.130.3.344
6. Korkmaz M, Oztürk H, Bulut O, et al. The effect of definitive continuous distraction employed with the Ilizarov type external fixation system on fracture healing: an experimental rabbit model. *Acta Orthop Traumatol Turc*. 2005;39(3):247–257. (In Turkish).

7. Menon S, Manerikar R, Roy Chowdhury SK, Murali Mohan S. Distraction osteogenesis in management of mandibular deformities. *Med J Armed Forces India*. 2005;61(4):345–347. doi: 10.1016/S0377-1237(05)80061-9

8. Monasterio FO, Molina F, Berlanga F, et al. Swallowing disorders in Pierre Robin sequence: its correction by distraction. *J Craniofac Surg*. 2004;15(6):934–941. doi: 10.1097/00001665-200411000-00009

## ОБ АВТОРАХ

**\* Афаунова Ольга Артуровна;**

адрес: Россия, 127473, Москва, ул. Вучетича, д. 9а;  
ORCID: 0000-0002-9192-8044;  
eLibrary SPIN: 7735-1559;  
e-mail: afa-afa15@mail.ru

**Калугина Любовь Сергеевна;**

ORCID: 0000-0001-8804-3184;  
eLibrary SPIN: 2522-4370;  
e-mail: lubbs@mail.ru

**Топольницкий Орест Зиновьевич, д.м.н., профессор;**

ORCID: 0000-0002-3896-3756;  
eLibrary SPIN: 1981-5376;  
e-mail: proftopol@mail.ru

**Федотов Роман Николаевич, к.м.н., доцент;**

ORCID: 0000-0003-1802-1080;  
eLibrary SPIN: 1777-9398;  
e-mail: abilat@yandex.ru

**Бегларян Алина Арташесовна;**

ORCID: 0000-0003-1133-5829;  
eLibrary SPIN: 3670-5875;  
e-mail: dr.beglaryanalina@mail.ru

**Миннахметова Диана Робертовна;**

ORCID: 0000-0002-1393-342x;  
eLibrary SPIN: 2062-7968;  
e-mail: dianaminn@mail.ru

## AUTHORS' INFO

**\* Olga A. Afaunova;**

address: 9a Vucheticha street, 127473 Moscow, Russia;  
ORCID: 0000-0002-9192-8044;  
eLibrary SPIN: 7735-1559;  
e-mail: afa-afa15@mail.ru

**Lubov' S. Kalugina;**

ORCID: 0000-0001-8804-3184;  
eLibrary SPIN: 2522-4370;  
e-mail: lubbs@mail.ru

**Orest Z. Topolnitsky, MD, Dr. Sci. (Medicine), Professor;**

ORCID: 0000-0002-3896-3756;  
eLibrary SPIN: 1981-5376;  
e-mail: proftopol@mail.ru

**Roman N. Fedotov, MD, Cand. Sci. (Medicine), Associate Professor;**

ORCID: 0000-0003-1802-1080;  
eLibrary SPIN: 1777-9398;  
e-mail: abilat@yandex.ru

**Alina A. Beglaryan;**

ORCID: 0000-0003-1133-5829;  
eLibrary SPIN: 3670-5875;  
e-mail: dr.beglaryanalina@mail.ru

**Diana R. Minnakhmetova;**

ORCID: 0000-0002-1393-342x;  
eLibrary SPIN: 2062-7968;  
e-mail: dianaminn@mail.ru

\* Автор, ответственный за переписку / Corresponding author