

АНАТОМИЯ ЧЕЛОВЕКА / HUMAN ANATOMY

DOI: <https://doi.org/10.23670/IRJ.2023.138.173>

МОРФОМЕТРИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА УЛЬТРАСТРУКТУРНЫХ ЭКВИВАЛЕНТОВ БЕЛКОВОГО СИНТЕЗА В ЭНДОТЕЛИОЦИТАХ КРОВЕНОСНЫХ КАПИЛЛЯРОВ ДЕСНЫ ПРИ ИМПЛАНТАЦИИ НИКЕЛИДА ТИТАНА

Научная статья

Горчаков В.Н.^{1,*}, Логинов А.Г.²

¹ORCID : 0000-0001-8135-7842;

²ORCID : 0000-0001-6568-8078;

^{1,2}Новосибирский государственный университет, Новосибирск, Российская Федерация

* Корреспондирующий автор (vgorchak[at]yandex.ru)

Аннотация

Имплантация никелида титана в области альвеолярного отростка нижней челюсти изменяет ультраструктурные характеристики рибосомального компартмента и гранулярного эндоплазматического ретикула в эндотелиоцитах венозного отдела кровеносного капилляра десны. Наиболее выраженные (статистически значимые) изменения наблюдаются на 7 сутки исследования после имплантации и выражаются в увеличении численной плотности свободных рибосом, свидетельствующие о преимущественном восстановлении цитоскелета клетки. На 14 сутки исследования отмечается статистически значимое увеличение численной плотности прикрепленных рибосом эндотелиоцитов кровеносных капилляров десны, как ультраструктурный эквивалент, отражающий «экспорт» белка. На 30 сутки исследования ультраструктурные параметры, отражающие состояние рибосомального компартмента, не имеют статистически значимых отличий от соответствующих параметров контрольной группы.

Результаты исследования позволяют установить направленность и темпы, происходящих в эндотелиоцитах кровеносных капилляров десны реактивных и адаптационных процессов, формируют представление об ультраструктурных основах адаптации пограничных структур микроциркуляторного русла при имплантации гетерогенного материала в области альвеолярного отростка нижней челюсти и позволяют наметить путь к точной диагностике и выбору эффективных методов профилактики осложнений и патогенетической терапии.

Ключевые слова: эндотелиоцит, рибосомы, гранулярный эндоплазматический ретикулум, имплантация.

MORPHOMETRIC CHARACTERIZATION OF ULTRASTRUCTURAL EQUIVALENTS OF PROTEIN SYNTHESIS IN ENDOTHELIOCYTES OF GINGIVAL BLOOD CAPILLARIES DURING TITANIUM NICKELIDE IMPLANTATION

Research article

Gorchakov V.N.^{1,*}, Loginov A.G.²

¹ORCID : 0000-0001-8135-7842;

²ORCID : 0000-0001-6568-8078;

^{1,2}Novosibirsk State University, Novosibirsk, Russian Federation

* Corresponding author (vgorchak[at]yandex.ru)

Abstract

Titanium nickelide implantation in the region of the mandibular alveolar process changes the ultrastructural characteristics of the ribosomal compartment and granular endoplasmic reticulum in endotheliocytes of the venous section of the blood capillary of the gingiva. The most pronounced (statistically significant) changes are observed on the 7th day of the study after implantation and are expressed in an increase in the numerical density of free ribosomes, indicating a preferential restoration of the cell cytoskeleton. On the 14th day of the study there is a statistically significant increase in the numerical density of attached ribosomes of endotheliocytes of blood capillaries of the gingiva as an ultrastructural equivalent reflecting the "export" of protein. On the 30th day of the research, ultrastructural parameters reflecting the state of the ribosomal compartment have no statistically significant differences from the corresponding parameters of the control group.

The results of the research allow to establish the direction and rates of reactive and adaptation processes occurring in endotheliocytes of blood capillaries of the gingiva, form an idea about ultrastructural bases of adaptation of border structures of the microcirculatory channel at implantation of heterogeneous material in the area of the alveolar process of the mandible and enable to outline the way to the exact diagnosis and choice of effective methods of prevention of complications and pathogenetic therapy.

Keywords: endotheliocyte, ribosomes, granular endoplasmic reticulum, implantation.

Введение

В настоящее время дентальная имплантация – это один из наиболее перспективных и оптимальных методов реабилитации пациентов с частичным и полным отсутствием зубов. Наиболее перспективным является применение отечественного сплава никелида титана, обладающего уникальным свойством сверхэластичности. Формирование биотехнической системы вызывает ответную реакцию организма, которая в ряде случаев может приводить к осложнениям после имплантации и даже отторжению имплантата. Снизить риск отторжения возможно при знании особенностей тканевого гомеостаза в зоне имплантации. Микрососудистому руслу отводится важная роль в

обеспечении жизнедеятельности клеток из-за существующего обмена между кровью и тканями. Эндотелий согласовывает кровоснабжение данного органа или ткани с состоянием их метаболизма. Особенности прилежащей к имплантату слизистой оболочки во многом отражают состояние костной ткани, а состояние гистогематических взаимоотношений является определяющим для характеристики микроциркуляции [1]. Очевидно, что дисфункция эндотелия или нарушение его структуры становится причиной патологии и может провоцировать риск несостоятельности имплантата [2], [3]. Сложно переоценить значимость состояния белкового синтеза в условиях процесса репарации и формирования новой биотехнической системы в зубочелюстной области.

Цель исследования – изучение динамики ультраструктурных эквивалентов белкового синтеза в эндотелиоцитах венозного отдела кровеносного капилляра десны при экспериментальной имплантации никелида титана.

Материал и методы исследования

Эксперимент проводили на 70 белых крысах-самцах линии Вистар. Были сформированы следующие группы:

- 1) интактные животные;
- 2) животные со сформированным имплантатным ложем без имплантации никелида титана (ложнооперированные);
- 3) животные с имплантацией никелида титана.

Для моделирования имплантации под эфирным наркозом шаровидным бором формировали имплантатное ложе в альвеолярном отростке нижней челюсти, после чего вводили образец сплава никелида титана (ТН-10). Операционную рану ушивали. В сроки 7, 14 и 30 суток после имплантации под эфирным наркозом проводили забор тканей десны из зоны имплантации. В каждой группе использовали не менее 10 животных. Эксперимент выполнен в соответствии с Правилами проведения работ с использованием экспериментальных животных, утвержденными приказом Минздрава СССР №577 от 12.08.1977 г.

Для изучения образцов органов в просвечивающем режиме электронного микроскопа их фиксировали в 1% растворе OsO_4 на фосфатном буфере ($\text{pH} = 7,4$), дегидратировали в этиловом спирте возрастающей концентрации и заключали в эпон. Из полученных блоков готовили полутонкие срезы толщиной 1 мкм, окрашивали толуидиновым голубым, изучали под световым микроскопом и выбирали необходимые участки ткани для исследования в электронном микроскопе. Из отобранного материала получали ультратонкие срезы толщиной 35–45 нм на ультратоме LKB-8800, контрастировали насыщенным водным раствором уранилацетата, цитратом свинца и изучали в электронном микроскопе JEM-1010.

Подготовку образцов органов, планирование и проведение морфометрических исследований выполняли по общепринятым принципам и методам [4], [5].

Эндотелиоциты венозного отдела кровеносных капилляров (по 20 клеток на каждую группу) морфометрировали при конечном увеличении в 30000 раз с помощью многоцелевой открытой тестовой системы. Статистическая обработка была проведена с применением пакетов программ SPSS 9,0 и Epi Info 6, version 6.02 и включала создание базы данных, автоматизированную проверку качества подготовки информации и статистический анализ. Для распределений признаков, являющихся приближенно нормальными, рассчитывались средние значения и стандартные отклонения. Результаты были представлены в виде $M \pm m$. Статистическая значимость оценивалась по критерию Вилкоксона-Манна-Уитни. Статистически значимым считали различие между сравниваемыми рядами с уровнем доверительной вероятности 95% [6].

Результаты исследования

Имплантация никелида титана изменяет белковый синтез эндотелиальной клетки кровеносного капилляра. Это находит свое подтверждение в изменениях ультраструктурной организации рибосомального аппарата и гранулярного эндоплазматического ретикулаума в динамике исследования.

7 суток. Численная плотность суммарных рибосом на 7 сутки исследования статистически значимо возрастает в группах ложнооперированных животных и животных с имплантацией никелида титана на 31,5% и на 45,7% соответственно (таблица 1). Это достигается за счет увеличения на 82% и в 2,17 раза численной плотности свободных рибосом в указанных группах наблюдения, в то время как численная плотность прикрепленных рибосом изменяется на уровне тенденций. Динамика объемной плотности гранулярного эндоплазматического ретикулаума отмечается на уровне тенденции к увеличению в группе животных с экспериментальной имплантацией никелида титана, а в группе ложнооперированных животных – на уровне тенденции к уменьшению. Происходит изменение белоксинтезирующей функции эндотелиоцитов кровеносных капилляров десны, свидетельством чего являются ультраструктурные признаки, демонстрирующие преимущественное восстановление цитоскелета клетки.

Таблица 1 - Результаты морфометрии рибосом и гранулярного эндоплазматического ретикулаума эндотелиоцитов кровеносных капилляров десны на 7 сутки экспериментальной имплантации ($M \pm m$)

DOI: <https://doi.org/10.23670/IRJ.2023.138.173.1>

Исследуемый признак	Группы наблюдения		
	Интактные	Ложно-оперированные	Имплантация никелида титана
	1	2	3
Рибосомы прикрепленные (N_v)	24,3 ± 1,68	24,2 ± 2,87	24,8 ± 2,74
Рибосомы свободные	15,3 ± 1,47	27,9 ± 3,35*	33,0 ± 2,35*

(Nv)			
Рибосомы суммарные (Nv)	39,6 ± 1,81	52,1 ± 2,31*	57,8 ± 2,72*
Гранулярный эндоплазматический ретикулум (Vv)	14,7 ± 0,51	13,9 ± 1,18	15,1 ± 1,28

Примечание: * – $P_{1-2,3} < 0,05$

14 сутки. Численная плотность суммарных рибосом на 14 сутки исследования статистически значимо увеличивается по сравнению с группой интактных животных во всех группах наблюдения: в группе ложнооперированных животных – на 33,3%, в группе с экспериментальной имплантацией – на 43,6% (таблица 2). По сравнению с 7 сутками исследования динамика численной плотности суммарных рибосом отмечается на уровне тенденций: в группе ложнооперированных животных – к увеличению, а в группе с экспериментальной имплантацией – тенденция к снижению данного параметра.

Таблица 2 - Результаты морфометрии рибосом и гранулярного эндоплазматического ретикула эндотелиоцитов кровеносных капилляров десны на 14 сутки экспериментальной имплантации ($M \pm m$)

DOI: <https://doi.org/10.23670/IRJ.2023.138.173.2>

Исследуемый признак	Группы наблюдения		
	Интактные	Ложно-оперированные	Имплантация никелида титана
	1	2	3
Рибосомы прикрепленные (Nv)	24,3 ± 1,68	23,2 ± 1,75	23,4 ± 1,66
Рибосомы свободные (Nv)	15,3 ± 1,47	29,6 ± 2,92*	33,5 ± 3,45*
Рибосомы суммарные (Nv)	39,6 ± 1,81	52,8 ± 3,16*	56,9 ± 2,54*
Гранулярный эндоплазматический ретикулум (Vv)	14,7 ± 0,5	13,8 ± 0,87	14,9 ± 1,26

Примечание: * – $P_{1-2,3} < 0,05$

Численная плотность прикрепленных рибосом по сравнению с группой интактных животных в группе ложнооперированных животных изменяется на уровне тенденции к увеличению, а в группе с имплантацией никелида титана – на уровне тенденции к снижению данного параметра. По сравнению с 7 сутками исследования статистически значимых изменений данного параметра не отмечено ни в одной из наблюдаемых групп. Тренд к снижению отмечается как в группе ложнооперированных животных, так и в группе животных с экспериментальной имплантацией. Динамика численной плотности свободных рибосом отличается статистически значимым увеличением данного параметра по отношению к группе интактных животных во всех наблюдаемых группах. В группе ложнооперированных животных – на 93,6%, а в группе животных с экспериментальной имплантацией – в 2,18 раза. При сравнении данного показателя с предыдущим сроком исследования можно отметить тенденцию к его уменьшению в группах ложнооперированных животных и животных с имплантацией никелида титана.

Объемная плотность гранулярного эндоплазматического ретикула по сравнению с группой интактных животных проявила тенденцию к снижению в группе ложнооперированных животных, а в группе животных с имплантацией никелида титана – тенденцию к увеличению. По сравнению с предыдущим сроком исследования данный показатель проявлял тенденцию к уменьшению, как в группе ложнооперированных животных, так и в группе животных с имплантацией никелида титана.

Отмеченный факт увеличения численной плотности прикрепленных рибосом эндотелиоцитов кровеносных капилляров десны можно рассматривать, как ультраструктурный эквивалент, отражающий «экспорт» белка на 14 сутки исследования.

30 сутки. Численная плотность суммарных рибосом на 30 сутки исследования статистически значимо уменьшается по сравнению с 14 сутками в группах ложнооперированных животных и животных с имплантацией никелида титана на 28,6% и 20,4% соответственно (таблица 3). Кроме того, отмечается статистически значимое увеличение данного параметра группы животных с имплантацией и по сравнению с группой интактных животных на 14,3%.

Таблица 3 - Результаты морфометрии рибосом и гранулярного эндоплазматического ретикулума эндотелиоцитов кровеносных капилляров десны на 30 сутки экспериментальной имплантации ($M \pm m$)DOI: <https://doi.org/10.23670/IRJ.2023.138.173.3>

Исследуемый признак	Группы наблюдения		
	Интактные	Ложно-оперированные	Имплантация никелида титана
	1	2	3
Рибосомы Прикрепленные (Nv)	24,3 ± 1,68	11,9 ± 1,42*	19,1 ± 1,48*
Рибосомы свободные (Nv)	15,3 ± 1,47	25,8 ± 2,77*	26,3 ± 1,65*
Рибосомы суммарные (Nv)	39,6 ± 1,81	37,7 ± 2,71	45,3 ± 2,68*
Гранулярный эндоплазматический ретикулум (Vv)	14,7 ± 0,5	12,1 ± 1,30*	14,6 ± 0,76

Примечание: * – $P_{1-2,3} < 0,05$

Численная плотность свободных рибосом на 30 сутки статистически значимо уменьшается на 21,5% по сравнению с предыдущим сроком исследования в группе животных с экспериментальной имплантацией, но по сравнению с группой интактных животных статистически значимо увеличивается на 71,9%. Численная плотность свободных рибосом в группе ложнооперированных животных статистически значимо увеличивается на 68,6% по сравнению с группой интактных животных и проявляет тенденцию к уменьшению по сравнению с предыдущим сроком исследования.

Численная плотность прикрепленных рибосом по сравнению с 14 сутками исследования статистически значимо уменьшалась как в группе ложнооперированных животных, так и в группе животных с имплантацией никелида титана на 48,8% и 18,8% соответственно. Подобная динамика выявляется и при сравнении данного параметра с группой интактных животных: в группах ложнооперированных животных и животных с имплантацией никелида титана численная плотность прикрепленных рибосом статистически значимо ниже – на 51,03% и 21,8% соответственно.

Объемная плотность гранулярного эндоплазматического ретикулума по сравнению с группой интактных животных статистически значимо уменьшается на 17,69% в группе ложнооперированных животных, а в группе животных с имплантацией никелида титана отмечается тенденция к снижению объемной плотности гранулярного эндоплазматического ретикулума. По сравнению с предыдущим сроком исследования в группах ложнооперированных животных и животных с имплантацией никелида титана отмечается тенденция к снижению данного показателя.

Обсуждение результатов исследования

Оценка ультраструктурных изменений тканей десны важна из-за необходимости определения направленности и темпов реактивных и адаптационных процессов и уточнения границ обратимости возникающих патологических состояний, происходящих в перимплантатных тканях. Тканевой гомеостаз не может быть значительно нарушен, пока эндотелий сохраняет морфофункциональную полноценность. Для осуществления специфических функций необходима сохранность 65-75% эндотелиальной выстилки. Даже умеренные ультраструктурные повреждения, распространяющиеся на значительную массу эндотелия сосуда, могут привести к изменению эндотелий-зависимых реакций [7]. Утверждение [8] о том, что «эндотелиальные клетки – больше, чем барьер» обозначило признание важных регуляторных и метаболических функций, что, однако, не исключает его рассмотрения в качестве основной системы, осуществляющей транспорт веществ между кровью или лимфой и клеточными элементами подлежащей ткани. При имплантации никелида титана численная плотность прикрепленных (свободных) рибосом является своеобразным биоиндикатором. На 7 сутки имплантации данный параметр является признаком восстановления цитоскелета клеток и снижения их внешнесекреторной активности. Считаем, что причиной этих изменений в эндотелиоцитах является постоянная повышенная функциональная нагрузка на эти клетки, обусловленная развитием компенсаторно-приспособительных реакций эндотелия, направленных на поддержание стабильности работы системы микроциркуляции тканей десны. Но отмеченное увеличение численной плотности рибосом в эндотелиоцитах на 14 сутки является ультраструктурным признаком «экспорта» белка. И только к 30 суткам после имплантации большинство морфометрических параметров ультраструктурной организации рибосомального компартмента эндотелиоцитов кровеносных капилляров десны не имеет статистически значимых отличий от соответствующих параметров контрольной группы животных. Очевидным является изменение белок-синтезирующей функции эндотелиоцитов после имплантации, что отражается на репарации тканей.

Состояние белоксинтетической функции эндотелиальных клеток микроциркуляторного русла имеет особое значение в связи с высказанным [9] мнением о первичной адсорбции на поверхности имплантата белков крови и тканевой жидкости. Ряд адсорбированных белков обладает способностью стимулировать клеточную активность, регулирует взаимодействия между клетками и внеклеточным матриксом. Высказывается мнение о способности адсорбированных протеинов стимулировать отложение солей кальция и фосфора на поверхности имплантата [10]. [11]

указывали на долговременное влияние эндотелиальных клеток на пролиферативную активность фибробластов благодаря синтезу стимуляторов клеточной пролиферации.

От структурно-функционального состояния рибосомального компартмента и гранулярного эндоплазматического ретикулума эндотелиоцитов зависит развитие процесса интеграции имплантата, а в ряде наблюдений – клинических симптомов несостоятельности имплантата и поэтому в анализе ультраструктурных изменений лежит путь к точной диагностике и выбору оптимальных методов профилактики и патогенетической терапии.

Заключение

1. При экспериментальной имплантации никелида титана отмечается дифференцированный ультраструктурный ответ со стороны рибосомального компартмента эндотелиоцитов кровеносных капилляров тканевого микрорайона десны в зависимости от срока исследования;

2. На 7 сутки исследования отмечаются ультраструктурные признаки изменения белоксинтезирующей функции эндотелиоцитов кровеносных капилляров десны, свидетельствующие о преимущественном восстановлении цитоскелета клетки;

3. На 14 сутки исследования отмечается статистически значимое увеличение численной плотности свободных рибосом эндотелиоцитов кровеносных капилляров десны, как ультраструктурный эквивалент, отражающий преимущественное восстановление цитоскелета эндотелиальной клетки;

4. На 30 сутки исследования ультраструктурные параметры, характеризующие состояние рибосомального компартмента и гранулярного эндоплазматического ретикулума отражают как восстановление цитоскелета эндотелиоцита, так и синтез белка на «экспорт».

Конфликт интересов

Не указан.

Рецензия

Все статьи проходят рецензирование. Но рецензент или автор статьи предпочли не публиковать рецензию к этой статье в открытом доступе. Рецензия может быть предоставлена компетентным органам по запросу.

Conflict of Interest

None declared.

Review

All articles are peer-reviewed. But the reviewer or the author of the article chose not to publish a review of this article in the public domain. The review can be provided to the competent authorities upon request.

Список литературы / References

1. Автандилов Г.Г. Проблемы патогенеза и патологоанатомической диагностики болезней в аспектах морфометрии / Г.Г. Автандилов. — М., 1984. — 288 с.
2. Логинов А.Г. Характеристика ультраструктурной организации эндотелиоцитов кровеносных капилляров десны при имплантации никелида титана и коррекции / А.Г. Логинов, В.Н. Горчаков, В.Н. Олесова [и др.] // Российский стоматологический журнал. — 2009. — Т. 13. — № 6. — С. 8-13. — DOI: <https://doi.org/10.17816/dent.38728>.
3. Логинов А.Г. Митохондриальный компартмент эндотелиоцитов лимфатических капилляров десны при имплантации никелида титана / А.Г. Логинов, В.Н. Горчаков, В.Н. Олесова // Российский вестник дентальной имплантологии. — 2018. — № 1-2. — С. 12-16.
4. Банин В.В. Механизмы обмена внутренней среды / В.В. Банин. — М.: Изд-во РГМУ, 2000. — 278 с.
5. Гайер Г. Электронная гистохимия / Г. Гайер. — М., 1974. — 488 с.
6. Васильева Л.А. Статистические методы в биологии / Л.А. Васильева. — Новосибирск: Институт цитологии и генетики СО РАН, 2004. — 127 с.
7. Hammersen F. Some Structural and Functional Aspects of Endothelial Cells / F. Hammersen, E. Hammersen // Basic Res. Cardiol. — 1985. — Vol. 80. — № 5. — P. 491-501.
8. Shepro D. Endothelial Cells Are More Than a Barrier / D. Shepro // Bibl. Anat. — 1977. — № 16. — P. 384-386.
9. Davies J.E. Mechanisms of Endosseous Integration / J.E. Davies // Int. J. Prosthodont. — 1998. — № 11(5). — P. 391-401.
10. Никольский В.Ю. Современное представление об остеоинтеграции дентальных имплантатов: микродвижение и нормализованный контактный слой / В.Ю. Никольский // Стоматология. — 2005. — № 5. — С. 74-76.
11. DiCorleto P.E. Production of Platelet-derived Growth Factor-like Protein by Endothelial Cells / P.E. DiCorleto, P.L. Fox, G.M. Chisolm // Current Communication in Molecular Biology. — 1987. — P. 65-68.

Список литературы на английском языке / References in English

1. Avtandilov G.G. Problemy patogeneza i patologoanatomicheskoy diagnostiki boleznej v aspektah morfometrii [Problems of Pathogenesis and Pathological Diagnosis of Diseases in the Aspects of Morphometry] / G.G. Avtandinov. — M., 1984. — 288 p. [in Russian]
2. Loginov A.G. Harakteristika ul'trastrukturnoj organizacii endotelioцитов krovynosnyh kapillyarov desny pri implantacii nikelida titana i korrekcii [Characteristics of the Ultrastructural Organization of Endotheliocytes of Blood Capillaries of the Gingiva during Titanium Nickelide Implantation and Correction] / A.G. Loginov, V.N. Gorchakov, V.N. Olesova [et al.] // Rossijskij stomatologicheskij zhurnal [Russian Dental Journal]. — 2009. — Vol. 13. — № 6. — P. 8-13. — DOI: <https://doi.org/10.17816/dent.38728>. [in Russian]
3. Loginov A.G. Mitochondrial'nyj kompartment endotelioцитов limfaticeskikh kapillyarov desny pri implantacii nikelida titana [Mitochondrial Compartment of Endotheliocytes of Lymphatic Capillaries of Gingiva at Implantation of Titanium

- Nickelide] / A.G. Loginov, V.N. Gorchakov, V.N. Olesova // Rossijskij vestnik dental'noj implantologii [Russian Messenger of Dental Implantology]. — 2018. — № 1-2. — P. 12-16. [in Russian]
4. Banin V.V. Mekhanizmy obmena vnutrennej sredy [Mechanisms of Exchange of the Internal Environment] / V.V. Banin. — M.: Publishing House of RSMU, 2000. — 278 p. [in Russian]
 5. Geyer G. Elektronnaya gistohimiya [Electron Histochemistry] / G. Geyer. — M., 1974. — 488 p. [in Russian]
 6. Vasil'eva L.A. Statisticheskie metody v biologii [Statistical Methods in Biology] / Л.А. Васильева. — Novosibirsk: Institute of Cytology and Genetics SB RAS, 2004. — 127 p. [in Russian]
 7. Hammersen F. Some Structural and Functional Aspects of Endothelial Cells / F. Hammersen, E. Hammersen // Basic. Res. Cardiol. — 1985. — Vol. 80. — № 5. — P. 491-501.
 8. Shepro D. Endothelial Cells Are More Than a Barrier / D. Shepro // Bibl. Anat. — 1977. — № 16. — P. 384-386.
 9. Davies J.E. Mechanisms of Endosseous Integration / J.E. Davies // Int. J. Prosthodont. — 1998. — № 11(5). — P. 391-401.
 10. Nikol'skij V.YU. Sovremennoe predstavlenie ob ossteointegracii dental'nyh implantatov: mikrovdvizhenie i normalizovannyj kontaktnyj sloj [Modern Idea about Osteointegration of Dental Implants: Micro-movement and Normalized Contact Layer] // Stomatologiya [Dentistry]. — 2005. — № 5. — P. 74-76. [in Russian]
 11. DiCorleto P.E. Production of Platelet-derived Growth Factor-like Protein by Endothelial Cells / P.E. DiCorleto, P.L. Fox, G.M. Chisolm // Current Communication in Molecular Biology. — 1987. — P. 65-68.