

кортикальной пластинки (ИКП) с помощью метода компьютерного зрения для диагностики остеопороза;

2. Анализ согласованности полученных данных разработанного нами алгоритма автоматической оценки ИКП и стандартного ручного метода показал, что диагностическая воспроизводимость разработанного нами метода почти в 2 раза выше, чем стандартного ручного;

3. Анализ временных затрат двумя методикам измерения, ручной и разработанной нами методики алгоритма автоматической оценки индекса кортикальной пластинки показал, что предлагаемый нами алгоритм автоматической оценки оказался на $44,05 \pm 1,84$ % быстрее, что приводит к уменьшению времени на выполнение диагностической манипуляции 1,8 раза ($p \leq 0,001$).

Литература:

1. Дороничева А.В. Методы распознавания медицинских изображений для задач компьютерной автоматизированной диагностики / А.В. Дороничева, С.З. Савин // Современные проблемы науки и образования. – 2014. – № 4.

2. Яне Б. Цифровая обработка изображений. М.: Техносфера. – 2007. – 584 с.

3. Pavlids T. Algorithms for Graphics and Image Processing. N.Y.: Springer. – 1982. – 320 p.

4. Руденко Э.В. Медикаментозное лечение остеопороза у взрослых. / Э.В. Руденко, А.Е. Буглова, Е.В. Руденко, О.Ю. Самоховец // Учебно-методическое пособие, Минск: БелМАП. – 2011. – 22 с.

5. Гланц С.С. Медико-биологическая статистика. McGraw-Hill, 1994; М.: Практика. – 1998. – 459 с.

УДК 616.01.-099

**А.Ю. Бурматова, А.А. Ганжа, В.Н. Мещанинов
НЕКОТОРЫЕ ОСОБЕННОСТИ МЕТАБОЛИЧЕСКИХ МАРКЕРОВ
КОЛЛАГЕНА ПРИ ИМПЛАНТАЦИИ СПИЦ С
НАНОСТРУКТУРИРОВАННЫМИ ПОКРЫТИЯМИ НА ФОНЕ НИЗКОЙ
МИНЕРАЛЬНОЙ ПЛОТНОСТИ КОСТНОЙ ТКАНИ**

Кафедра биохимии
ГБУЗ СО "ЦСВМП "УИТО им. В.Д. Чаклина"
Уральский государственный медицинский университет
Екатеринбург, Российская Федерация

**A.Iu. Burmatova, A.A. Ganzha, V.N. Meshchaninov
SOME FEATURES OF OSTEOGENESIS REGULATION OF
METABOLIC COLLAGEN MARKERS IN IMPLANTATION NEEDLES**

WITH NANOSTRUCTURED COATINGS AND LOW BONE MINERAL DENSITY

Department of biochemistry
Chaklin Ural Institute of Traumatology and Orthopedics,
Ural state medical university
Ekaterinburg, Russian Federation

Контактный e-mail: alex.burmatova@mail.ru

Аннотация. Проведен сравнительный анализ динамики метаболических маркеров коллагена 1 типа в условиях имплантации спиц с алмазоподобным (a-C) и композитным (CN0,25) покрытием в остеопоротически перестроенную костную ткань крыс, который свидетельствовал о более положительном эффекте на метаболизм коллагена 1 типа алмазоподобного a-C покрытия.

Annotation. Obtained dynamic of metabolic markers of collagen type 1 in implantation needles with diamond-like (a-C) and composite (CN0,25) coatings in osteoporotic bone. positive effect on the metabolism of collagen and type 1-C diamond-like coating. Effect of a-C coatings on the metabolism of collagen type 1 proved to be more positive.

Ключевые слова: RatLaps, PINP, иммобилизационный остеопороз, наноструктурированные покрытия.

Keywords: RatLaps, PINP, immobilization osteoporosis, nanostructured coatings.

Управление качеством репаративного остеогенеза, в том числе, на фоне остеопоротических изменений костной ткани, является актуальной проблемой. Одной из причин снижения минеральной плотности костной ткани (МПК), приводящей к формированию остеопороза, является гипокинезия. В условиях иммобилизации (более 30 суток) формируется иммобилизационный остеопороз (ИОП) [1, 7]. Одним из эффективных методов лечения переломов длинных трубчатых костей на фоне ИОП является чрескостный остеосинтез по Г.А. Илизарову, однако использование стандартных спиц на фоне ИОП не всегда приводит к ожидаемому результату [2].

Известно, что наноструктурированные углеродные покрытия пористых титановых имплантатов, улучшая их механические характеристики и повышая биосовместимость, обладают остеоиндуктивным эффектом [6, 9]. Влияние разных по химическому составу и топографии поверхности алмазоподобных (a-C) и композитных (CN0,25) покрытий на остеогенез является различным [5]. Однако, данные исследования были посвящены проблеме замещения костных дефектов на фоне нормальной МПК. Поэтому представляет интерес влияние имплантации спиц с наноструктурированными покрытиями на ремоделирование костной ткани в условиях низкой МПК.

Оценка особенностей костного ремоделирования предполагает исследование баланса остеогенеза и костной резорбции на основе их метаболических маркеров.

Цель исследования – определение концентрации С-концевых телопептидов деградации коллагена 1 типа (RatLaps) и С-концевых пропептидов коллагена 1 типа (PINP) в динамике после имплантации спиц с разными наноструктурированными покрытиями на фоне низкой МПК в эксперименте.

Материалы и методы исследования

Эксперимент проведен на 64 крысах-самцах линии Вистар в возрасте 3-4 месяцев массой 100-200 г. Условия содержания, обращение и вывод из опыта животных проводили в соответствии с Директивой Совета ЕС от 24 ноября 1986 «О сближении законов, постановлений и административных положений государств ЕС по вопросам защиты животных, используемых для экспериментальных и других научных целей» (86/609ЕЕС).

Предварительно у всех животных моделировали ИОП ампутацией костей голени правой задней конечности на уровне её проксимального отдела. По данным гистоморфометрии к 90-м суткам после ампутации у животных развивался ИОП [4].

На 90 сутки после ампутации в области дистального метафиза бедренной и проксимального метафиза большеберцовой костей 32 животным (группа 1) была произведена имплантация спиц диаметром 0,8 мм с нанокompозитным CN0,25 покрытием, 32 животным – спиц диаметром 0,8 мм с алмазоподобным а-С покрытием (группа 2).

В сыворотке крови всех животных в динамике до операции, на 14, 30, 60 и 90 сутки после неё иммуноферментным анализом определяли концентрацию RatLaps и PINP – специфичных маркеров метаболизма коллагена 1 типа [3, 8], исследование проведено на анализаторе на Stat Fax 3200 в комплексе с вошером Stat fax 2600 и шейкером ELMi.

Статистическая обработка полученных данных выполнена с использованием непараметрического критерия Манна – Уитни, результаты представлены в виде $M \pm m$, где M – среднее значение, m – стандартное отклонение, уровень значимости – $p \leq 0,05$.

Результаты исследования и их обсуждение

Динамика концентрации RatLaps (табл. 1) в сыворотке крови животных с CN0,25 и а-С покрытием спиц аналогична: рост уровня RatLaps к 90-м суткам. В обеих группах к 14 суткам отмечено значимое увеличение RatLaps в 2,1 и 2,6 раза соответственно 1 и 2 группы крыс, что, вероятно, обусловлено активизацией резорбтивной реакции на имплант. К 30-м суткам в обеих группах концентрация RatLaps значимо снижалась: в 1 группе в 1,2 раза, во 2 группе – в 3,9 раза по отношению к уровню на 14 сутки, однако к 60-м суткам отмечено значимое увеличение во 2 группе в 2,8 раза по отношению к уровню на 30 сутки. На 30-е и 60-е сутки в 1 группе концентрация RatLaps в сыворотке крови животных значимо выше, чем во 2 группе в 3,2 и 1,2 раза соответственно

срокам, что свидетельствует о более активном протекании костной резорбции в группе с CN0,25 покрытием спиц. В 1 группе к 90 суткам уровень RatLaps не изменился, а во 2-й группе увеличился в 1,2 раза по отношению к 60-м суткам, таким образом, сравнившись в исследуемых группах.

Таблица 1

Динамика концентрации RatLaps в сыворотке крови животных, нг/мл

Группы/сроки	До операции	14 сутки после операции	30 сутки после операции	60 сутки после операции	90 сутки после операции
Группа 1	22,7± 5,06 n=32	47,96±4,67 **n=8	39,02±4,67 *€ n=8	41,17±34,56 *n=8	42,8±4,75 n=8
Группа 2	18,33±2,7 n=32	47,93±11,33 **n=8	12,4±1,56 € n=8	34,2±5,25 €€ n=8	40,99±9,07 n=8

Примечание. * – $p \leq 0,05$ по отношению ко 2 группе; ** – $p \leq 0,05$ по отношению к уровню до операции; € – $p \leq 0,01$ по отношению к уровню на 14 сутки; €€ – $p \leq 0,01$ по отношению к уровню на 30 сутки.

Динамика концентрации PINP (табл. 2) в исследуемых группах несколько отличалась: максимум концентрации PINP в первой группе отметили на 30 сутки, в то время как во второй – на 60 сутки. В группе с CN0,25 покрытием отмечено увеличение уровня PINP в 2 раза к 30-м суткам по отношению к 14 суткам и снижение в 2 раза на 60 сутки по сравнению с уровнем на 30 сутки. В группе с а-С покрытием значимая динамика (рост концентрации PINP вдвое по отношению к дооперационному уровню) наблюдали на 60-е сутки. На 30-е сутки уровень PINP в 1 группе значимо выше в 2,3 раза, на 60-е сутки – 1,6 раза ниже, чем во второй группе. К 90-м суткам в 1 группе уровень PINP не изменился, а во второй снизился в 1,4 раза однако значимой разницы между группами нет.

Таблица 2

Динамика концентрации PINP в сыворотке крови животных, нг/мл

Группы / сроки	До операции	14 сутки после операции	30 сутки после операции	60 сутки после операции	90 сутки после операции
Группа 1	14,81± 4,17 n=32	19,36±1,54 n=8	40±12,01 * **n=8	18,7±5,1 * € n=8	19,43±3,19 n=8
Группа 2	14,49±1,7 5 n=32	17,86±8,27 n=8	17,3±2,95 n=8	29,07±3,49 € n=8	21,09±2,78 €€ n=8

Примечание. * – $p \leq 0,05$ по отношению ко 2 группе; ** – $p \leq 0,05$ по отношению к уровню до операции; € – $p \leq 0,01$ по отношению к уровню на 30 сутки; €€ – $p \leq 0,01$ по отношению к уровню на 60 сутки.

Коэффициент RatLaps/PINP, отражающий баланс метаболизма коллагена 1 типа у крыс, оказался значимо более высоким (более выражены резорбтивные процессы коллагена 1 типа) в 1 группе на 30 сутки в 2 раза, на 60 – в 2,9 раза, на 90 сутки – в 1,8 раза, чем во 2 группе.

Выводы

Анализ динамики исследуемых метаболических маркеров коллагена 1 типа свидетельствовал о том, что имплантация спиц с разными по химическому составу и топографии поверхности алмазоподобными (а-С) и композитными (CN0,25) покрытиями по-разному влияет на резорбцию и образование костного матрикса. При имплантации спиц с а-С покрытием резорбтивные процессы коллагена 1 типа менее выражены.

Литература:

1. Гюльназарова С.В. Иммобилизационный остеопороз: патогенез и принципы лечения несращений костей, на этом фоне. Обзор литературы и собственные данные // Вестн. травматологии и ортопедии им. В.Д. Чаклина. – 2010. – № 2. – С. 5-12.
2. Гюльназарова С.В. Морфоструктурные изменения костной ткани в условиях применения металлофиксаторов на фоне иммобилизационного остеопороза / С.В. Гюльназарова, И.П. Кудрявцева, А.А. Ганжа // Фундаментальные исследования. – 2014. – № 7 (часть 3) – С. 468-472.
3. Клинические рекомендации «Остеопороз. Диагностика, профилактика и лечение» / Под ред. Л. И. Беневоленской, О. М. Лесняк. М.: ГЭОТАР-Медиа. – 2005. – 171 с.
4. Кучиев А.Ю. Применение гипербарической оксигенации при лечении ложных суставов трубчатых костей, осложненных остеопорозом (экспериментально-клиническое исследование): автореферат дис. канд. мед. наук: 14.00.22 / А. Ю. Кучиев; ННИИТО. Новосибирск. Библиогр. – 2008. – С. 22-26.
5. Макарова Э.Б. Влияние различных покрытий на функцию остеогенных клеток in vivo / Э.Б. Макарова, Г.Д. Сафонова, А.П. Рубштейн // Вестник травматологии и ортопедии Урала. – 2013. – V. 1-2. – Р. 84-88.
6. Макарова Э.Б. Интеграция костной ткани в пористые титановые импланты с алмазоподобными нанопокровтиями / Э.Б. Макарова, Ю.М. Захаров, А.П. Рубштейн, А.И. Исайкин // Гений ортопедии. – 2011. – № 4. – С. 111-116.
7. Трифонова Е.Б. Роль метаболических процессов в формировании иммобилизационного остеопороза // Фундаментальные исследования. – 2011. – № 6. – С. 177-181.

8. Eastell R., Reid I.R., Boonen S., Cauley J.A., Cosman F., Lakatos P., Leung P.C. et.al. Once-Yearly Zoledronic acid for treatment of postmenopausal osteoporosis // New England J. Medicine. – 2007. – Vol. 356. – P. 1809-1822.

9. R. Olivares, S.E. Rodil, H. Arzate: In vitro studies of the biomineralization in amorphous carbon films. Surf. Coat. Technol. – 2004. – №177,178. – P. 758-764.

УДК: 616.153.96 – 074:615.38

Н.В. Вавилов, А.П. Годовалов
ИЗУЧЕНИЕ ОКИСЛИТЕЛЬНОЙ МОДИФИКАЦИИ БЕЛКА
СЫВОРОТКИ ПЕРИФЕРИЧЕСКОЙ КРОВИ ЗДОРОВЫХ ДОНОРОВ

Кафедра иммунологии
Пермский государственный медицинский университет
им. акад. Е.А. Вагнера
Пермь, Российская Федерация

N.V. Vavilov, A.P. Godovalov
STUDY OF OXIDATIVE MODIFICATION OF PROTEIN IN
PERIPHERAL BLOOD OF HEALTHY DONORS

Department of immunology
Perm state medical university
Perm, Russian Federation

Контактный e-mail: nikione@yandex.ru

Аннотация. Изучено влияние возрастающих концентраций гидроксил-радикала на концентрацию окисленных белков в сыворотке крови. В ходе работы была разработана модификация методики определения концентрации окислительной формы белка. Показано дозозависимое влияние гидроксильного радикала на степень окисления белка сыворотки крови.

Annotation. The article is devoted to analyze the effect of increasing concentrations of hydroxyl-radical on concentration of modified proteins in blood serum. In operation, modification techniques of determine the concentration of oxidized proteins was developed. It was also demonstrated a dose-dependent effect of hydroxyl-radical on the serum proteins.

Ключевые слова: реакция Фентона, сыворотка, радикалы, перекись водорода, белок.

Keywords: Fenton reaction, serum, radicals, hydrogen peroxide, protein.

Окислительный стресс (оксидативный стресс) – процесс повреждения клетки в результате окисления, с последующим распространением повреждения во внеклеточную среду. Изучение данного вопроса началось с середины 50х