

УДК 611.718.4+611.061.1/6

ИЗУЧЕНИЕ МОРФОЛОГИИ СРЕДИННЫХ РАСПИЛОВ ГОЛОВКИ БЕДРЕННОЙ КОСТИ

¹Кирилова И.А., ^{2,3}Шаркеев Ю.П., ¹Подорожная В.Т., ²Попова К.С.,
²Уваркин П.В., ¹Фомичев Н.Г.

¹ФГБУ «Новосибирский научно-исследовательский институт травматологии и ортопедии
им. Я.Л. Цивьяна» Минздрава России, Новосибирск, e-mail: IKirilova@niito.ru;

²Институт физики прочности и материаловедения СО РАН, Томск;

³Национальный исследовательский Томский политехнический университет (ТПУ), Томск

Для определения архитектоники губчатого вещества головки бедренной кости был проведён анализ смежных распилов материала, полученного от одного пациента с коксартрозом при первичном эндопротезировании тазобедренного сустава. Пористость костной ткани оценивалась по макроскопическим изображениям, полученным посредством макрофото съёмки. Общая пористость рассчитывалась как отношение суммарной длины отрезков, попадающих на поры, к общей длине секущих линий. Результат: Поры, расположенные в верхней части головки бедренной кости, имеют более правильную форму, а в нижней части больше вытянуты вдоль линии распила и занимают больший объём. Средний продольный (0,64 и 0,60 мм) и поперечный (0,40 и 0,44 мм) размер пор имеет близкие значения для верхней и нижней частей. Нижняя часть головки бедренной кости имеет более высокую пористость (38,77 и 33,29%), чем верхняя часть (33,83 и 29,64%). Общая пористость всего образца при расчёте по контурам, нанесённым вдоль нижней части, продольная – 36,86%, поперечная – 32,12%.

Ключевые слова: морфология, головка бедренной кости, срединный смежный распил, общая пористость, архитектоника

THE STUDY OF THE MORPHOLOGY OF FEMORAL HEAD MIDLINE SECTION SPECIMENS

¹Kirilova I.A., ^{2,3}Sharkeev Y.P., ¹Podorognaya V.T., ²Popova K.S.,
¹Uvarkin P.V., ¹Fomichev N.G.

¹Novosibirsk Research Institute of Traumatology and Orthopaedics
n.a. Ya.L. Tsivyan, Novosibirsk, e-mail: IKirilova@niito.ru;

²Institute of Strength Physics and Material Science, SB RAS, Tomsk;

³Tomsk Polytechnic University, Tomsk

Adjacent sections of the femoral head obtained from one patient with coxarthrosis during primary hip replacement were analyzed to determine the architectonic of the femoral head spongy substance. The bone porosity was evaluated using macrophotography images. Total porosity was calculated as the ratio of total length of pore segments over the total length of secant lines. Result: Pores in the upper portion of the femoral head have more regular shape, while those in the lower portion are more stretched along the line of cut and occupy larger volume. The average longitudinal (0,64 and 0,60 mm) and transverse (0,40 and 0,44 mm) sizes of pores are similar in the upper and the lower portions. The lower portion of the femoral head has a higher porosity (38.77 and 33.29%) than the upper one (33.83 and 29.64%). The total porosity of the entire specimen was calculated using contours plotted along the lower portion: longitudinal – 36,86%, and transverse – 32,12%.

Keywords: morphology, femoral head, adjacent median cut, total porosity, architectonics

Губчатое вещество кости представляет собой трехмерную сеть костных балок различной формы, размера и ориентации. Термин «губчатая структура костной ткани» означает способ организации основных тканеобразующих элементов.

Все исследования, проведенные для описания корреляций между механическими параметрами и плотностью костной ткани, показали, что при сходных значениях минеральной плотности анализируемых образцов их механические параметры могут иметь различные значения [1–9]. Следова-

тельно, плотность сама по себе недостаточна для описания расхождений в полученных значениях механических параметров. Эти результаты подтверждают, что механические свойства костной ткани зависят не только от плотности ткани, но и от структурных параметров, которые определяют организацию костной ткани в тестируемом образце. Таким образом, свойства рассматриваемой структуры костной ткани в целом зависят от свойств отдельных трабекул кости, а также от способов и числа их взаимосвязей.

В настоящее время костная ткань, забранная у одного пациента, может использоваться у другого пациента, т.е. осуществляется костная аллопластика. Для исключения аллергических реакций и реакций несовместимости у реципиента костная ткань донора предварительно обрабатывается с использованием комплекса физико-химических методик [3]. Перспективными в качестве способа предварительной химической обработки аллогенной костной ткани оказались деминерализация и депротеинизация, которые позволяют получить деминерализованную костную ткань, лишенную минерального компонента, и депротеинизированную костную ткань, не содержащую органического компонента [2]. В то же время предварительная химическая обработка может привести к изменению структуры и свойств нативной аллогенной костной ткани, а следовательно, и ее биологического поведения после имплантации в живой организм [2, 3].

Важным фактором в исследовании пригодности используемого костно-пластического материала является сохранение необходимого уровня морфологических особенностей нативной кости.

Целью работы является изучение морфологии головки бедренной кости, резецированной при первичном эндопротезировании тазобедренного сустава у пациента с коксартрозом.

Материалы и методы исследования

Материалом исследования служили образцы срединных смежных распилов головки бедренной кости (ГБК), полученной от одного донора (пациента) с коксартрозом при резекции в ходе первичного эндопротезирования тазобедренного сустава. В соответствии с утвержденным алгоритмом у доноров костного материала осуществлялся забор крови для обследования на инфекционные агенты (сифилис, ВИЧ, гепатиты В и С). При отрицательных результатах обследования материал поступал в обработку. Осуществлялся радиальный распил ГБК с шагом 0,4–0,5 см. Весь костный материал доноров подвергался промывке очищенной проточной водой, обезжириванию спирт-эфиром и химическому очищению 6% раствором H_2O_2 в соответствии с утвержденными методиками.

Морфологию костного материала исследовали на металлографическом инвертированном микроскопе «Альтами МЕТ 1МТ» (Россия, Санкт-Петербург) методами светлого и темного полей, а также по методу поляризации. Пористость костной ткани оценивалась по макроскопическим изображениям, полученным посредством макрофото съемки исследуемых объектов. Общая пористость (П) рассчитывалась как отношение суммарной длины отрезков, попадающих на поры,

к общей длине секущих линий и выражается следующей формулой:

$$П = \frac{\sum l}{\sum L_1} 100\%,$$

где L_1 – общая длина секущих в условных единицах измерительного прибора; l – длина отрезков секущих, попадающих на поры.

Результаты исследования и их обсуждение

Для определения архитектоники губчатого вещества головки бедренной кости был проведён анализ смежных срединных распилов материала, полученного от одного донора (рис. 1).



Рис. 1. Макрофотография образцов смежных срединных распилов из головки бедренной кости

Измерение пористой структуры проводили по четырём направлениям: вдоль и поперёк верхней части головки бедра (рис. 2 а, б), вдоль и поперёк нижней части головки бедра (рис. 2 в, г).

Пористость нижней части головки бедра немного выше, чем верхней части. Так, при расчёте по контурам, нанесённым вдоль нижней части, пористость в продольном сечении составила 39%, а в поперечном – 33%. А продольная и поперечная пористость для относительно нанесённых контуров верхней части головки бедра составила 34 и 30% соответственно.

В таблице приведены результаты расчёта размера пор для образцов костного материала, представленных на рис. 2. Поры в верхней части материала имеют более правильную форму, в то время как поры в нижней части больше вытянуты вдоль линии разреза и занимают больший объём, о чём говорят и большие значения пористости нижней части костного материала (39 и 33%).

Для более наглядного представления о распределении размеров пор при наложении контуров расчёта вдоль и поперёк распилов костного материала построены гистограммы распределения пор по размерам (рис. 3).

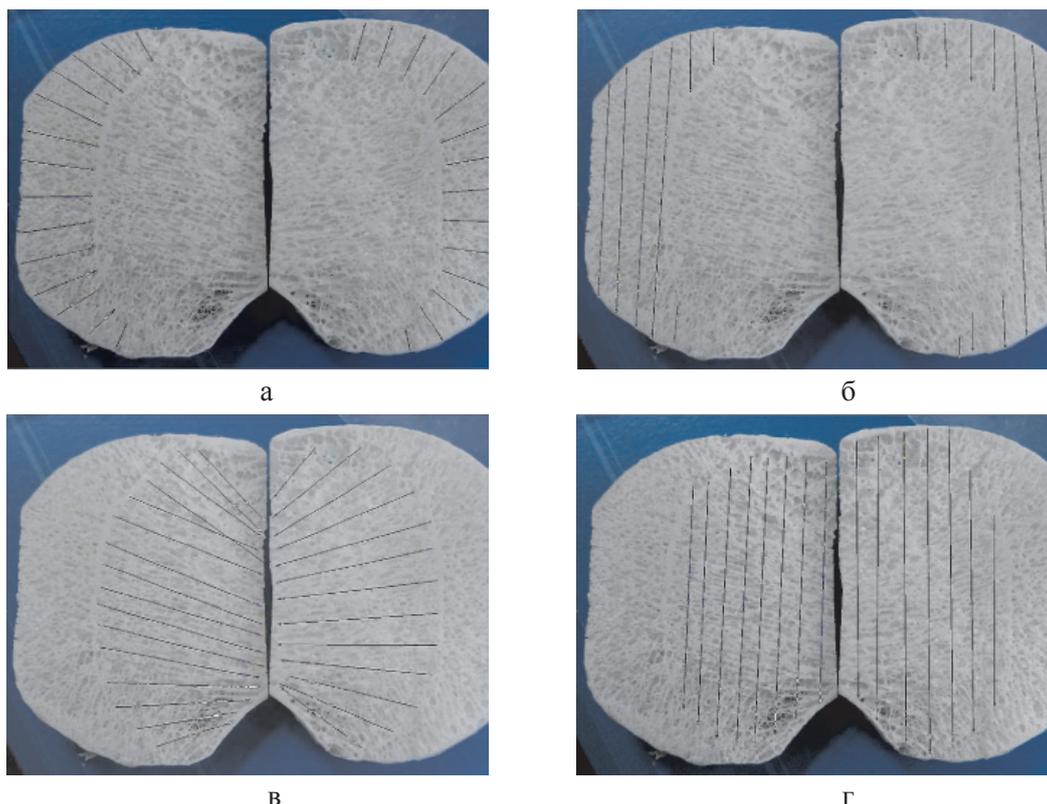


Рис. 2. Макрофотографии образцов смежных срединных распилов из головки бедренной кости с нанесёнными контурами расчёта на область верхней части головки бедра (а, б) и нижней части головки бедра (в, г)

Размеры пор и пористость образцов костного материала

Сечение	Средний размер пор, мм	Минимальный размер пор, мм	Максимальный размер пор, мм	Пористость, %
Нижняя часть				
Продольное	0,64	0,16	2,48	39
Поперечное	0,40	0,10	1,36	33
Верхняя часть				
Продольное	0,60	0,19	2,24	34
Поперечное	0,44	0,09	1,55	30
Образец в целом				
Продольное	0,62	0,16	2,48	37
Поперечное	0,41	0,09	1,55	32

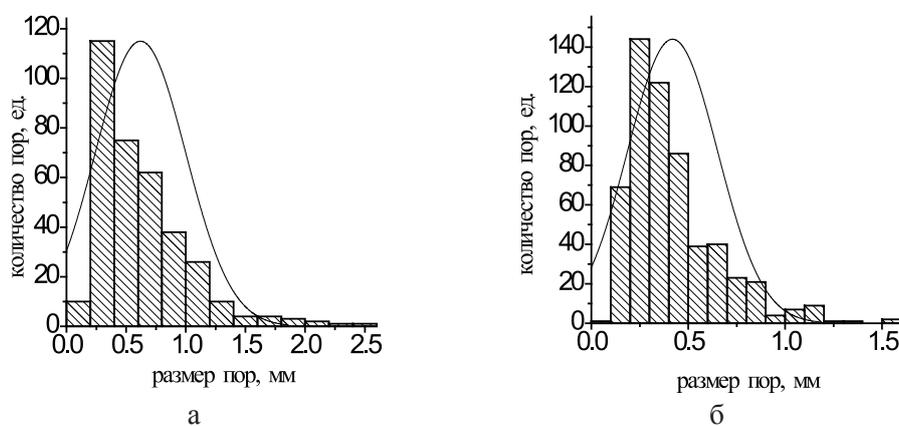


Рис. 3. Гистограммы распределения пор по размерам, полученных по контурам расчёта, расположенным вдоль (а) и поперёк (б) срединных распилов образцов из головки бедренной кости

Как видно из рис. 3, более 50% пор в направлении, продольном линиям контуров расчёта, имеют средний разброс значений 0,2–0,8 мм. Около 25% пор имеют размер в диапазоне 0,8–1,8 мм, а 10% пор – более 1,8 мм. Средний разброс размера пор в поперечном направлении контуров расчёта – 0,1–0,5 мм (более 70%), 25% – 0,5–1,2 и менее 5% 1,2–1,55 мм.

Выводы

При исследовании морфологии образцов, полученных из головок бедренных костей, были получены следующие основные результаты.

1. Анализ распределения пор в срединных распилах головок бедренных костей показал, что поры, расположенные в верхней части, имеют более правильную форму, в то время как в нижней части поры больше вытянуты вдоль линии разреза и занимают больший объём, средний продольный (0,64 и 0,60 мм) и поперечный (0,40 и 0,44 мм) размер пор имеет близкие значения для верхней и нижней части.

2. Нижняя часть головки бедренной кости имеет более высокую пористость (39 и 33%), чем верхняя часть (34 и 30%). Общая пористость образца в целом при расчёте по контурам, нанесённым вдоль нижней части продольного сечения, равна 37 и 32% для поперечного сечения.

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ проекта № 15-29-04849.

Список литературы

1. Дианов С.В., Тарасов А.Н. Аллопластика вертлужной впадины при первичном и ревизионном эндопротезировании тазобедренного сустава // Травматология и ортопедия России. – 2009. – № 3. – С. 130–132.
2. Мурылев В.Ю., Петров Н.В., Силин Л.Л., Рукин Я.А., Елизаров П.М., Калашник А.Д. Ревизионное эндопротезирование вертлужного компонента эндопротеза тазобедренного сустава // Кафедра травматологии и ортопедии. – 2012. – № 1. – С. 20–25.
3. Подорожная В.Т., Кирилова И.А., Шаркеев Ю.П., Легостаева Е.В. Аллогенные костные материалы: структура, свойства, применение // Известия Вузов. Физика. – 2013. – № 12/3. – С. 14–21.
4. Прохоренко В.М. Первичное и ревизионное эндопротезирование тазобедренного сустава. – Новосибирск: АНО «Клиника НИИТО», 2007. – 348 с.: ил.
5. Рукин Я.А. Ревизионное эндопротезирование вертлужного компонента тотального эндопротеза тазобедренного сустава при его асептической нестабильности: автореф. дис. ... канд. мед. наук. – М., 2008.
6. Cichanski A., Nowicki K., Mazurkiewicz A., Topolinski T. Investigation of statistical relationships between quantities describing bone architecture, its fractal dimensions and mechanical properties // Acta of Bioengineering and Biomechanics. – 2010. – № 12 (4). – P. 66–77.
7. Cornu O., Manil O., Godts B., et al. Neck fracture femoral heads for impaction bone grafting // Acta Orthop Scand. – 2004. – № 75(3). – P. 303–308.
8. Nikodem A. Correlations between structural and mechanical properties of human trabecular femur bone // Acta of Bioengineering and Biomechanics. – 2012. – Vol. 14, № 2. – P. 37–46.
9. Tanaka T., Sacurai T., Kashima I. Structuring of parameters for assessing vertebral bone strength by star volume analysis using a morphological filter // Journal of Bone and Mineral Metabolism. – 2001. – № 19. – P. 150–158.