

STRUCTURAL REORGANIZATION OF THE MAIN JOINT COMPONENTS DURING THE EXPERIMENTAL MODELING OF OSTEOARTHRITIS WITH REDUCED BLOOD SUPPLY

T.A.Stupina, N.A.Shchudlo and M.A.Stepanov

The reactive changes in the knee synovium, articular cartilage, and subchondral bone during osteoarthritis modeling were studied in dogs (n=5). The results of histomorphometry, scanning electron microscopy, and electron probe microanalysis have demonstrated that the osteoarthritis model used (femoral artery ligation and the knee immobilization) lead to marked synovitis, axonal atrophy and nerve fiber degeneration in subsynovial nerves, as well as synovial membrane hypovascularization. Subchondral

bone vascularization was shown to deteriorate, while calcium content was reduced. Destructive changes were detected in the articular cartilage. Chondrocytes of the intermediate zone which were equidistant from vascular and synovial sources of supply appeared to be the most vulnerable. The changes described are the consequences of the disturbed interactions of the main joint components indicating the reduction of synthesis with a predominance of catabolic processes.

Key words: *articular cartilage, synovium, subchondral bone, modeling, osteoarthritis*

Laboratory of Morphology; Clinico-Experimental Laboratory for Reconstructive-Restorative Microsurgery and Surgery of the Hand; Laboratory of Pyogenic Osteology and Limb Defect Replacement, G.A. Ilizarov Russian Scientific Center for Restorative Traumatology and Orthopedics, Kurgan

© И. Г. Пашкова, И. В. Гайворонский, Л. А. Алексина, М. А. Корнев, 2014
УДК 572.5:611.018.4-055.2(470.22)

И. Г. Пашкова¹, И. В. Гайворонский^{2,3}, Л. А. Алексина⁴ и М. А. Корнев²

ВЗАИМОСВЯЗИ МЕЖДУ ПОКАЗАТЕЛЯМИ МИНЕРАЛЬНОЙ ПЛОТНОСТИ КОСТНОЙ ТКАНИ И СОМАТОТИПОМ У ЖЕНЩИН, ПРОЖИВАЮЩИХ В РЕСПУБЛИКЕ КАРЕЛИЯ

¹ Кафедра анатомии, гистологии, патологической анатомии и судебной медицины (зав. — доц. И. Г. Пашкова), Петрозаводский государственный университет; ² кафедра нормальной анатомии (зав. — проф. И. В. Гайворонский), Военно-медицинская академия им. С. М. Кирова, Санкт-Петербург; ³ кафедра морфологии (зав. — проф. И. В. Гайворонский), Санкт-Петербургский государственный университет; ⁴ кафедра нормальной анатомии (зав. — проф. Л. А. Алексина), Первый Санкт-Петербургский государственный медицинский университет им. акад. И. П. Павлова

Проведено комплексное антропометрическое и денситометрическое исследование методом двойной рентгеновской абсорбциометрии с целью определения взаимосвязи между минеральной плотностью костной ткани и соматотипом у 360 женщин в возрасте от 20 до 87 лет, постоянно проживающих в Республике Карелия. Выявлена значимая прямая корреляция между соматотипом и количеством минеральных веществ в позвонках, минеральной плотностью и площадью поясничных позвонков. Уровень минеральной плотности поясничных позвонков выше у женщин эурипластического и атлетического соматотипов, характеризующихся высокими значениями массы и длины тела, массы мышечного и жирового компонентов. Низкие значения минеральной плотности позвонков выявлены у женщин субатлетического, мезопластического и стенопластического соматотипов. Риск развития остеопении и остеопороза возрастает у женщин с низким уровнем массы мышечного компонента в составе тела.

Ключевые слова: *антропометрия, соматотип, масса жирового компонента, масса мышечного компонента, минеральная плотность костной ткани*

Количественное исследование минеральной плотности (МП) костей является наиболее значимым в диагностике метаболических заболеваний скелета и методом неинвазивной оценки риска перелома костей при остеопорозе [8]. Показатель

минерализации костей подвержен значительной индивидуальной изменчивости, зависящей от обменных процессов в организме [9]. Еще в 70-е годы Б. А. Никитюком была показана неравномерность старения костей и суставов у людей

Сведения об авторах:

Пашкова Инга Геннадьевна (e-mail: ingapashkova@yandex.ru), кафедра анатомии, гистологии, патологической анатомии и судебной медицины, медицинский факультет, Петрозаводский государственный университет, Республика Карелия, 185910, г. Петрозаводск, пр. Ленина, 33;

Гайворонский Иван Васильевич, Корнев Михаил Александрович, кафедра нормальной анатомии, ВМА им. С. М. Кирова, 194044, Санкт-Петербург, ул. Академика Лебедева, 6;

Алексина Людмила Арсентьевна, кафедра анатомии человека им. М. Г. Привеса, Первый Санкт-Петербургский государственный медицинский университет им. акад. И. П. Павлова, 197022, Санкт-Петербург, ул. Льва Толстого, 6–8

различных соматотипов [3]. Позднее были обнаружены отличия темпов костного созревания в связи с особенностями соматотипа и установлена определенная зависимость между конституциональными особенностями организма и процессами роста и старения скелета [4].

Актуальность изучения обусловлена недостаточностью данных в литературе об изменчивости МП костной ткани с учетом соматотипа [7]. Знания индивидуально-типологических характеристик организма могут служить надежными прогностическими критериями, обеспечивающими выявление групп риска, наиболее рациональное лечение и своевременное проведение профилактических мероприятий [5]. Изучение количественного состава тела (жирового, мышечного и костного компонентов массы) у представителей различных соматотипов и выявление взаимосвязи данных с уровнем МП костной ткани позволят дать информацию о морфологических факторах риска нарушения минерализации костей.

Цель исследования — изучить взаимосвязи между показателями МП костной ткани и соматотипом у женщин, постоянно проживающих в Республике Карелия.

Материал и методы. Проведены комплексное антропометрическое исследование и анализ данных МП костной ткани у 360 женщин, постоянно проживающих в Республике Карелия. Отбор женщин для анализа данных МП костной ткани проводился случайным образом среди пациенток, направленных из стационара и поликлиник, а также самостоятельно изъявивших желание обследоваться на предмет остеопороза. Исследование проводилось в рентгенодиагностическом отделении Республиканской больницы им. В.А.Баранова г.Петрозаводска на аппарате DPX-NT (Lunar, США). Из анализа исключались данные больных с патологией, влияющей на метаболизм костной ткани.

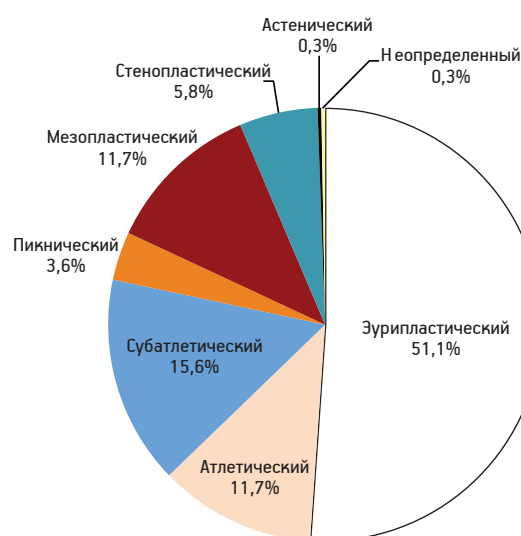


Рис. 1. Распределение обследованных женщин по соматотипам

На проведение исследования было получено разрешение Комитета по медицинской этике при Министерстве здравоохранения и социального развития Республики Карелия и Петрозаводском государственном университете (протокол № 30 от 16.06.2014). Средний возраст обследованных составил 51 ± 16 лет (диапазон от 20 до 87 лет), возраст наступления менопаузы — 49 ± 4 года. Все обследованные были разделены на возрастные группы: I период зрелого возраста (21–35 лет) — 57 (15,8%) человек, II период зрелого возраста (36–55 лет) — 135 (37,5%), пожилой (56–74 года) — 149 (41,4%) и старческий (75 лет и старше) — 19 (5,3%).

Антропометрическое обследование проводили по методике В.В.Бунака [1] с учетом методических рекомендаций В.Г.Николаева [5]. Аналитическим методом определяли компонентный состав тела по формулам J.Matiegka [13]. Диагностику соматического типа проводили по схеме И.В.Галанта в модификации В.П.Чтецова и соавт. [10]. Анализ МП проводили по данным двухэнергетической рентгеновской денситометрии поясничных позвонков, выполненной на аппарате DPX-NT (Lunar, США). Анализировали значения суммарной проекционной МП наиболее нагружаемого отдела поясничных позвонков $L_{II}-L_{IV}$ (МП, г/см²), Т-критерий (молодая норма) и Z-критерий (возрастная норма) в виде стандартных отклонений (SD) от норм, заложенных в базу прибора, площадь проекции позвонков (см²) и содержание в них костного минерала (г). Оценку результатов проводили с учетом критериев ВОЗ (1994), величину стандартного отклонения (SD) до -1 расценивали как норму, от $-1,1$ SD до $-2,5$ SD — как остеопению, а остеопороз — при значениях менее $-2,5$ SD.

Статистическую обработку материала осуществляли с использованием программных продуктов: «Statistica 6.0 for Windows» с предварительной проверкой соответствия переменных нормальному распределению по критерию Колмогорова—Смирнова и Шапиро—Уилкса [2]. Проверку гипотезы о статистической значимости различий двух выборок проводили с помощью непараметрического критерия Манна—Уитни. Для выявления взаимосвязи между изучаемыми признаками проводили корреляционный анализ по Спирмену. Различия значений исследуемых параметров считали статистически значимыми при 95% пороге вероятности ($P < 0,05$).

Результаты исследования. Изучение соотношения антропометрических показателей и компонентного состава тела позволило распределить обследованных женщин по соматотипам (рис. 1). Большинство обследованных женщин — 282 (78,3%) — относились к мегалосомному типу, который был представлен субатлетическим, атлетическим и эурипластическим соматотипами. Мезосомный тип определялся у 55 (15,3%) женщин и включал мезопластический и пикнический соматотипы. Лептосомный тип, представленный стенопластическим и астеническим соматотипами, имели 22 женщины (6,1%). Неопределенный тип выявлен у 1 женщины (0,3%).

У обследованных женщин выявлены статистически значимые ($P < 0,05$) корреляционные взаимосвязи между типом телосложения и МП позвонков ($r = 0,13$), суммарным количеством

минеральных веществ ($r=0,27$) и их проекционной площадью ($r=0,34$).

Анализ денситометрических данных у женщин показал высокую распространенность нарушений МП поясничных позвонков. Среди всех обследованных низкую МП костной ткани имели 44,1% женщин мегалосомного типа (остеопению — 34,9% и остеопороз — 9,2%), 56,4% женщин мезосомного типа (29,1 и 27,3% соответственно) и 59,1% женщин лептосомного типа (40,9 и 18,2%).

Женщины мегалосомного типа характеризовались большими ($P<0,01$) величинами габаритных размеров (массы и длины тела), высокими показателями жирового и мышечного компонентов. Женщины мезосомного типа имели большие величины ($P<0,05$) показателей жирового компонента массы и меньшие величины ($P<0,05$) относительных мышечных и костных компонентов массы по сравнению с женщинами лептосомного типа. Самые низкие значения массы тела, длины тела, абсолютных и относительных показателей жирового и абсолютные значения костного компонента тела имели женщины лептосомного типа.

Одним из основных факторов, оказывающим влияние на уровень МП костной ткани, является возраст, в этой связи проводили сравнительный анализ показателей между группами женщин, сопоставимых по возрасту.

I период зрелого возраста (21–35 лет). У представительниц мегалосомного типа значения МП поясничных позвонков были выше и составили $1,18\pm0,12$ г/см², Т-критерий равен 0,1 SD (99% от пиковой массы), Z-критерий — 0,01 SD (100% — возрастная норма), у женщин лептосомного типа — $1,17\pm0,16$ г/см² (Т-критерий — 0,3 SD, 97%), тогда как у мезосомного — $1,11\pm0,10$ г/см² (Т-критерий — 0,4 SD, 96%). Сравнительный анализ уровня МП позвонков между соматотипами показал, что максимальное количество минеральных веществ в поясничных позвонках определялось у женщин эурипластического соматотипа (55 ± 12 г), величина МП костной ткани составила $1,26\pm0,12$ г/см², Т-критерий — 0,5 SD (105% от пиковой массы), Z-критерий — 0,08 SD (100%). Количественный состав их тела отличался большими величинами массы тела, жирового и мышечного компонентов. Статистически значимо меньшие величины ($P<0,05$) МП костной ткани имели представительницы пикнического соматотипа (89% от пиковой массы и 93% от возрастной нормы). В составе тела у женщин пикнического соматотипа определялись самые высокие ($P<0,05$) относительные показатели жирового компонента массы и самые низкие значения мышечного компонента массы.

II период зрелого возраста (36–55 лет).

Более высокий уровень МП поясничных позвонков ($P<0,05$) имели женщины мегалосомного типа, средние значения составили $1,16\pm0,16$ г/см², Т-критерий равен 0,3 SD (97% от пиковой массы), а Z-критерий — 0,2 SD (98%), у женщин лептосомного типа — $1,09\pm0,10$ г/см² (Т-критерий — 0,9 SD, 91%), тогда как у представительниц мезосомного — $1,08\pm0,10$ г/см² (Т-критерий — 1,0 SD, 90%). Низкий уровень МП поясничных позвонков выявлен у 50% женщин лептосомного типа, у 47% — мезосомного и у 29% — мегалосомного типов телосложения.

Среди женщин мегалосомного типа высокие значения МП имели представительницы атлетического (МП — $1,21\pm0,17$ г/см², Т-критерий — 0,1 SD, 101% от пиковой массы) и эурипластического (МП — $1,16\pm0,16$ г/см², Т-критерий — 0,4 SD, 96%) соматотипов (рис. 2). Более низкие значения МП позвонков имели женщины субатлетического соматотипа (МП — $1,13\pm0,15$ г/см², Т-критерий — 0,6 SD, 94%). У представительниц мезопластического соматотипа выявлены самые низкие значения МП костной ткани ($1,06\pm0,09$ г/см², Т-критерий — 1,2 SD, 88% от пиковой массы). У женщин пикнического соматотипа значения показателей МП позвонков были несколько выше и составили $1,10\pm0,10$ г/см², Т-критерий — 0,8 SD, 92% от пиковой массы. Антропометрические параметры женщин пикнического соматотипа отличались от представительниц мезопластического типа большими величинами массы тела и показателями жирового компонента массы.

Пожилой возраст (56–74 года). У женщин мегалосомного типа сохранялся более высокий уровень МП позвонков — $0,99\pm0,12$ г/см², Т-критерий равен — 1,7 SD (83% от пиковой массы), большие величины проекционной площади поясничных позвонков ($P<0,01$) и суммарного количества в них минеральных веществ ($P<0,05$). Внутри данной группы женщин уровень МП был значительно выше ($P<0,05$) у представительниц эурипластического соматотипа (МП — $1,01\pm0,14$ г/см², Т-критерий — 1,6 SD, 84% от пиковой массы), а также у атлетического (МП — $0,97\pm0,16$ г/см², Т-критерий — 1,9 SD, 80% от пиковой массы). У 100% женщин субатлетического соматотипа выявлены нарушения МП поясничных позвонков (у 33,3% — остеопения, у 66,7% — остеопороз). Следует отметить, что у мегалосомных женщин, имеющих нормальный уровень МП костной ткани, в составе тела выявлены более высокие показатели ($P<0,05$) жирового компонента массы. В пожилом возрас-

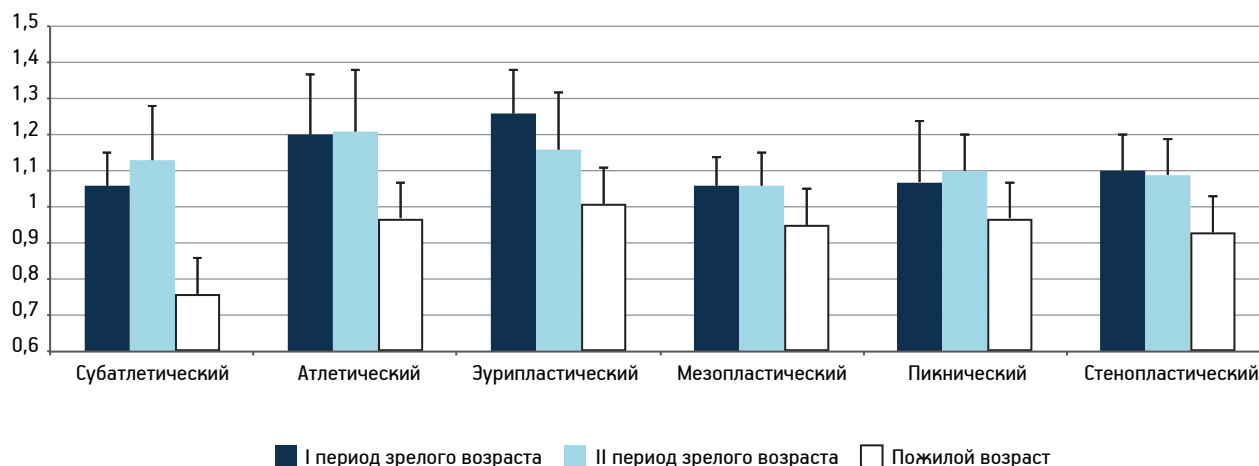


Рис. 2. Уровень минеральной плотности костной ткани поясничных позвонков у женщин разных возрастных групп с учетом соматотипа.

По оси абсцисс — соматотип; по оси ординат — минеральная плотность (г/см²). Вертикальные отрезки — значения стандартного отклонения

те низкие значения МП имели женщины мезосомного типа — $0,95 \pm 0,19$ г/см² (Т-критерий — 2,1 SD, 79%). Низкая МП выявлена у 80% женщин пикнического соматотипа (у 60% — остеопения, у 20% — остеопороз), у 71,4% — мезопластического соматотипа (у 21% — остеопения и у 50% — остеопороз). Женщины с низким уровнем МП костной ткани имели меньшие величины габаритных размеров, индекса массы тела и жирового компонента массы. Самые низкие значения МП позвонков имели женщины лептосомного типа — $0,93 \pm 0,21$ г/см² (Т-критерий — 2,3 SD, 77%), представленные стенопластическим соматотипом, у 80% из них выявлены низкие значения МП костной ткани (см. рис. 2).

В старческом возрасте у женщин мегалосомного типа уровень МП составил 78% от пиковой массы, у мезосомного — 80% и у 1 представительницы лептосомного типа — 73%.

Обсуждение полученных данных. Современное развитие медицинской диагностической техники предусматривает переход к оценке структурно-функциональных изменений органов и систем, интерпретированных на основе индивидуальных соматических параметров. В.Г.Николаев [5] утверждает, что при патологических процессах тип конституции в существенной мере определяет границы клинической вариабельности и полиморфизма проявлений болезней человека.

Полученные нами данные свидетельствуют о высокой распространенности низких значений МП костной ткани поясничных позвонков среди населения Республики Карелия. К увеличивающейся с возрастом потере МП костной ткани у женщин всех типов телосложения предрас-

полагающими факторами было снижение массы тела и мышечной массы. Скелетные мышцы, по мнению T.F.Lang, являются важным фактором, определяющим прочность и твердость кости [12]. Кроме того, кости и мышцы имеют общие источники эмбрионального развития и регулируются одними и теми же гормонами и генами [11]. Сравнительный анализ уровня МП поясничных позвонков у женщин различных соматотипов показал, что во всех возрастных группах у женщин мегалосомного типа (эурипластического и атлетического соматотипов), имеющих в составе тела высокий уровень развития жирового и мышечного компонентов массы, сохранялись более высокие значения МП позвонков. Женщины с низким уровнем МП костной ткани (стенопластического, мезопластического и субатлетического соматотипов) имели меньшие величины массы и длины тела, индекса массы тела, мышечного и жирового компонентов массы. Женщин с данными соматотипами можно включить в группу риска по развитию нарушений МП костной ткани.

Таким образом, возрастные изменения в скелете и мягких тканях у представителей различных соматотипов значительно отличаются. Антропометрический подход к изучению данной проблемы дает возможность выделять группы риска и индивидуализировать лечебно-профилактические мероприятия.

ЛИТЕРАТУРА

1. Бунак В.В. Антропометрия. М., изд. ГУПН РСФСР, 1941.
2. Гланц С. Медико-биологическая статистика. М., Практика, 1999.
3. Никитюк Б.А. Учет конституции организма при прогнозировании темпа старческих его изменений. В кн.: Материалы

- IX Междунар. конгресса по геронтологии. Киев, изд. НИИ геронтологии, 1972, т. 1, с. 296–299.
4. Никитюк Б. А. и Полушкина Л. Е. Темп развития и телосложение детей и подростков. Новые исследования по возрастной физиологии, 1973, № 1, с. 56–57.
 5. Николаев В. Г. Методические подходы в современной клинической антропологии. Biomed. Biosoc. Anthropol., 2007, № 9, с. 1–3.
 6. Николаев В. Г., Николаева Н. Н., Синдеева Л. В. и Николаева Л. В. Антропологическое обследование в клинической практике. Красноярск, Версо, 2007.
 7. Парфенова И. А. и Свешников А. А. Минеральная плотность костей скелета, масса мышечной, соединительной и жировой тканей у людей разных соматотипов в возрастном аспекте. Совр. пробл. науки и обр., 2007, № 6, с. 33–38.
 8. Рахманов А. С. и Бакулин А. В. Костная денситометрия в диагностике остеопении. Остеопороз и остеопатии, 1998, № 1, с. 28–30.
 9. Риггз Б. Л. и Мелтон III Л. Дж. Остеопороз. М., СПб., БИНОМ-Невский диалект, 2000.
 10. Чтецов В. П. и Лутовина И. Ю. Опыт объективной диагностики соматических типов на основе измерительных признаков у женщин. Вопр. антропол., 1979, вып. 60, с. 3–14.
 11. Karasik D. and Keil D. P. Evidence for pleiotropic factors in genetics of musculoskeletal system. Bone, 2010, v. 46, p. 1226–1237.
 12. Lang T. F. The bone muscle relationship in man and women. Osteoporos, 2011, v. 5, p. 702–735.
 13. Matiegka J. The testing of physical efficiency. Am. J. Phys. Anthropol., 1921, v. 4, p. 223–230.

Поступила в редакцию 20.06.2014

THE RELATIONSHIP BETWEEN THE PARAMETERS OF MINERAL DENSITY OF BONE TISSUE AND SOMATOTYPE IN WOMEN RESIDING IN THE REPUBLIC OF KARELIA

I. G. Pashkova, I. V. Gaivoronskiy, L. A. Aleksina and M. A. Kornev

Comprehensive anthropometric and densitometric study using the dual x-ray absorptiometry was conducted to determine the relationship between the mineral density of bone tissue and somatotype in 360 women aged 20 to 87 years, permanently residing in the Republic of Karelia. Significant direct correlation was detected between the somatotype and the amount of mineral substances in the vertebrae, bone mineral density and the area of the lumbar vertebrae. Bone mineral density level of the lumbar vertebrae was higher in women with eurolastic and athletic somatotypes, which were characterized by high values of body mass and length, body muscle and fat mass. Low values of bone mineral density of vertebrae were identified in women belonging to subathletic, mesoplastic and stenoplastic somatotypes. The risk of developing osteopenia and osteoporosis is increased in women with low body muscle mass

Key words: *anthropometry, somatotype, body fat mass, body muscle mass, bone mineral density*

Department of Anatomy, Histology, Pathologic Anatomy and Forensic Medicine, Petrozavodsk State University; Department of Normal Anatomy, S.M. Kirov Military Medical Academy, St. Petersburg; Department of Morphology, St. Petersburg State University; Department of Normal Anatomy, First I.P. Pavlov State Medical University, St. Petersburg