

Морфофункциональные корреляции между минеральной плотностью костной ткани и компонентным составом тела у женщин Республики Карелия

¹Петрозаводский государственный университет, Петрозаводск

²Военно-медицинская академия им. С.М. Кирова, Санкт-Петербург

³Санкт-Петербургский государственный университет, Санкт-Петербург

Резюме. Представлены корреляционные взаимосвязи между минеральной плотностью костной ткани и компонентным составом тела у 360 женщин, проживающих в Республике Карелия. Доказано, что у жителей Карелии достижение пиковых величин минеральной плотности костной ткани происходит позже, только к 22 годам. У пожилых и старых женщин отмечается выраженное изменение компонентного состава тела, существенно увеличивается процентное содержание жировой массы и потеря минеральной плотности поясничных позвонков. Выявлен высокий уровень распространенности женщин с избыточной массой тела, ожирением и с нарушениями минеральной плотности костей. Обнаружены статистически значимые ($p < 0,05$) корреляционные взаимосвязи минеральной плотности поясничных позвонков с массой тела, длиной тела, индексом массы тела, жировой и мышечной массой. У женщин репродуктивного возраста скелетная мускулатура оказывает существенное влияние на минеральную плотность костей. У женщин в постменопаузальном периоде сочетание высокого уровня развития мышечной и жировой массы защищают кость от потери минералов. Низкий уровень мышечной массы можно считать фактором риска снижения минеральной плотности костей.

Ключевые слова: антропометрия, абсорбциометрия, компонентный состав тела, жировая масса, мышечная масса, ожирение, индекс массы тела, костная минеральная плотность.

Введение. С увеличением возраста в организме взрослого человека происходят изменения состава тела и постепенное снижение всех физиологических функций, в том числе потеря минеральной плотности (МП) костной ткани. Известно, что 90% конечной МП костной ткани приобретает к 18 годам у девушек и примерно к 20 годам – у юношей [10]. У жителей Карелии выявлены более поздние сроки достижения пиковых величин МП поясничных позвонков (22 года). При этом у 25% женщин и 35% мужчин в возрасте от 20 до 30 лет уровень костной массы остается недостаточным [7].

Северные территории, имея особенности распределения химических элементов в природных средах, представляют собой определенные биогеохимические провинции [1]. Существующий в Карелии недостаток кальция, магния, йода, фтора, селена и др. микроэлементов в питьевой воде и в почве способствует формированию специфической для данной территории патологии у человека [3]. В неблагоприятном климате северного региона отмечается снижение порога вредного воздействия на организм человека антропогенных и экологических факторов, снижение его функциональных возможностей, вызванных этими факторами [2].

В литературе [1, 6, 8] приводятся данные, что масса тела оказывает влияние на 15–30% варибельности значений МП костной ткани, а процент жировой ткани

влияет на 20–40% изменений МП, поэтому процентное количество жира является наилучшим критерием, чем любой из показателей в группе факторов риска [10]. В ряде других исследований [11, 14] было подтверждено позитивное влияние мышечной массы на показатели МП костной ткани. Возрастные изменения, происходящие в мягких тканях, напрямую связаны с изменениями в скелете. С возрастом увеличивается масса тела преимущественно за счет жирового компонента, тогда как количество мышечной массы уменьшается. Полагают, что жировая масса должна играть более важную роль в поддержании адекватной возрасту минеральной плотности костной ткани.

Цель исследования. Изучить взаимосвязи между минеральной плотностью костной ткани и компонентным составом тела у женщин Республики Карелия.

Материалы и методы. Проведено комплексное исследование с определением уровня МП костной ткани и антропометрических параметров 360 женщин в возрасте от 20 до 87 лет, проживающих в Республике Карелия. Все обследованные были разделены на две группы: до наступления менопаузы (женщины репродуктивного возраста) – 137 (38,1%) и после наступления менопаузы – 223 (61,9%). Возраст наступления менопаузы составил $49,4 \pm 6,4$ года.

Анализ минеральной плотности костной ткани проводился по данным двухэнергетической рентге-

новской абсорбциометрии, выполненной на аппарате «DPX-NT» фирмы Lunar (Соединенные Штаты Америки). Анализировались показатели значений суммарной МП для наиболее нагружаемого сочетания позвонков L2–4 ($\text{г}/\text{см}^2$), а также Т-критерий (сравнение с нормальной пиковой костной массой) и суммарное количество минералов (г). Антропометрическое исследование выполнялось с использованием стандартного антропометрического инструментария с учетом методических рекомендаций В. Г. Николаева [5]. Для определения компонентного состава тела (абсолютного и относительного количества жировой, мышечной и костной ткани) использовали формулы J. Matiegka (1921) [13]. Статистическая обработка материала осуществлялась с использованием программных продуктов «Statistica 6.0 for Windows» с проверкой соответствия переменных нормальному распределению по критерию Колмагорова – Смирнова и Шапиро – Уилкса. Данные представлены в виде средних значений (M) \pm стандартное отклонение (SD): $M \pm SD$. Рассчитывался 95% доверительный интервал (95% ДИ). Проверку гипотезы о статистической значимости различий двух выборок проводили с помощью непараметрического критерия Манна – Уитни. Для выявления взаимосвязи между изучаемыми параметрами проводился корреляционный анализ по Спирмену. Различия значений считали статистически значимыми при 95% пороге вероятности ($p < 0,05$).

Результаты и их обсуждение. В возрастном диапазоне от 20 до 40 лет средние значения суммарной МП поясничных позвонков (L2–4) были равны – $1,20 \pm 0,14 \text{ г}/\text{см}^2$ (Т-критерий 0,03 SD; 99,9% от пиковой костной массы. Статистически значимое ($p < 0,05$) снижение МП костной ткани выявлено у женщин 41–45 лет. В 75 лет деминерализация позвонков составила 20%, в 81–87 лет – 25,2%. Суммарное количество минералов в позвонках уменьшилось в 51–55 лет на 3,2 г (6,1%), в 71–75 лет – на 9,2 г (22,8%), а в 81–87 лет – на 13,2 г (37,9%).

Выявлена статистически значимая взаимосвязь между МП поясничных позвонков и менопаузой ($r=0,44$; $p < 0,001$). При этом у женщин репродуктивного возраста выявлены статистически значимые корреляционные взаимосвязи между МП позвонков и массой тела ($r=0,27$; $p < 0,001$), длиной тела ($r=0,29$; $p < 0,001$); окружностями: запястья ($r=0,25$; $p < 0,01$), бедра ($r=0,26$; $p < 0,01$), голени ($r=0,35$; $p < 0,001$) и лодыжек ($r=0,35$; $p < 0,001$); дистальными диаметрами: запястья ($r=0,22$, $p < 0,001$) и лодыжек ($r=0,24$; $p < 0,001$). Значения МП позвонков имели прямую корреляционную связь с мышечной массой тела ($r=0,36$; $p < 0,05$), с величиной жировой массы значимая связь не выявлена ($r=0,12$; $p=0,178$).

По уровню МП поясничных позвонков L2–4 у 34 человек (24,8% с 95% ДИ: 17,6–32,0%) определялась низкая костная плотность, или остеопения, нормальные значения МП позвонков имели 103 обследованных (75,2% с 95% ДИ: 68,0–82,4%).

Между двумя группами женщин с разным уровнем МП выявлены различия средних значений антропометрических параметров, которые представлены в таблице 1. Большие величины значений габаритных размеров и компонентов состава тела имели женщины с нормальным уровнем МП позвонков.

В группе женщин, находящихся в постменопаузальном периоде, выявлены статистически значимые корреляционные взаимосвязи между МП костной ткани и массой тела ($r=0,40$; $p < 0,05$), площадью поверхности тела ($r=0,41$; $p < 0,05$), жировой массой ($r=0,32$; $p < 0,001$) и мышечной массой ($r=0,28$; $p < 0,001$). На рисунке 1 представлены графики корреляционной взаимосвязи между МП костной ткани и компонентами тела.

По результатам костной денситометрии среди женщин в постменопаузе нормальный уровень значений МП позвонков имели 77 (34,5% с 95% ДИ 28,3–40,7%), остеопению – 88 (39,5% с 95% ДИ 33,1–45,9%), остеопороз – 58 (26,0% с 95% ДИ 20,3–31,8%) обследованных.

Установлено, что женщины с низкой костной массой имели достоверно меньшие величины габаритных размеров тела (длина и масса тела), индекса массы тела, окружности грудной клетки и площади поверхности тела (табл. 2). Анализ компонентного состава тела показал, что у женщин с большим содержанием жировой и мышечной ткани имеется более высокий уровень МП поясничных позвонков.

Таблица 1
Антропометрические показатели женщин репродуктивного возраста с разным уровнем МП позвонков по Т-критерию, $M \pm SD$

Показатель	Уровень МП		p
	нормальная МП, n=103	низкая МП, n=34	
Длина тела, см	165,2 \pm 6,6	162,4 \pm 6,3	<0,05
Масса тела, кг	65,6 \pm 13,5	60,2 \pm 9,9	=0,095
ОГК, см	87,2 \pm 10,5	86,7 \pm 6,0	=0,447
ДГК, см	28,3 \pm 14,2	25,2 \pm 1,0	=0,591
Площадь тела, м ²	1,74 \pm 0,19	1,64 \pm 0,17	<0,01
Жировая масса, кг	21,2 \pm 9,9	18,9 \pm 7,3	=0,407
Жировая масса, %	31,4 \pm 9,6	31,1 \pm 9,2	=0,880
Мышечная масса, кг	25,4 \pm 4,9	22,8 \pm 4,2	<0,01
Мышечная масса, %	39,4 \pm 5,9	38,4 \pm 4,9	=0,139
ИМТ, кг/м ²	24,1 \pm 5,0	22,8 \pm 3,1	=0,577

Примечание: ОГК – окружность грудной клетки; ДГК – диаметр грудной клетки; ИМТ – индекс массы тела.

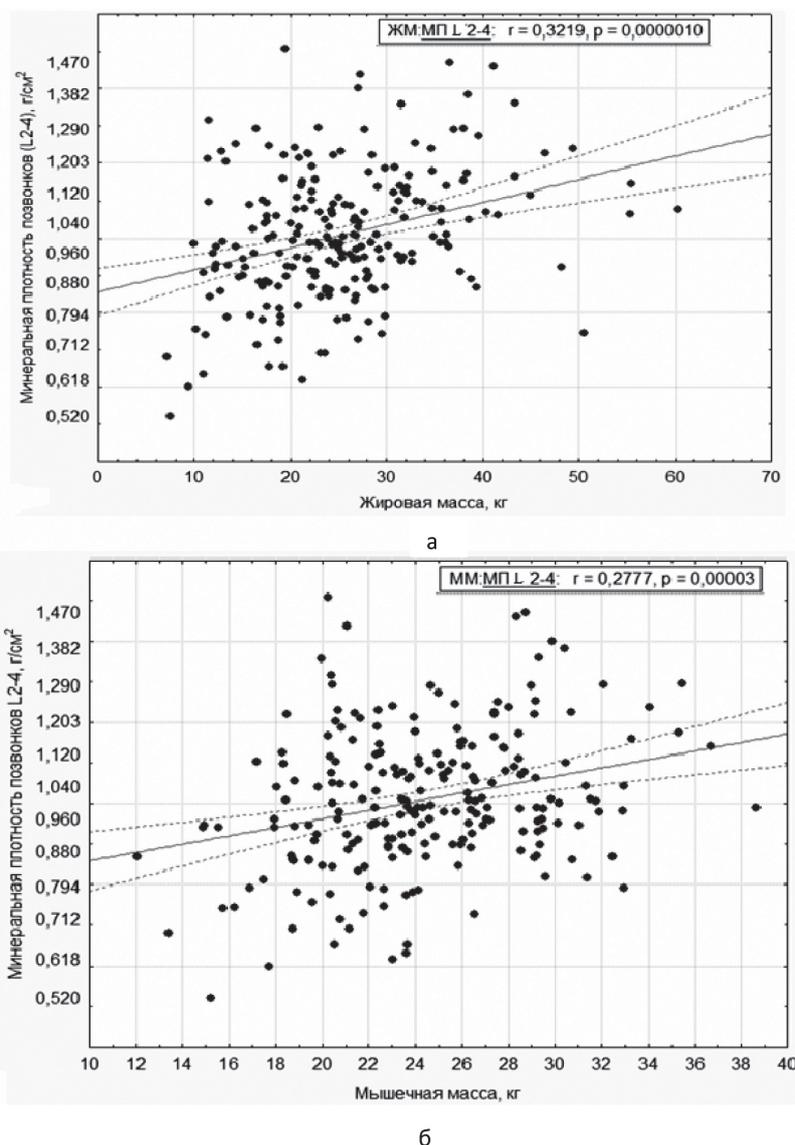


Рис. 1. Взаимосвязь уровня МП позвонков у женщин в постменопаузальном периоде: а – с жировой массой; б – с мышечной массой

Согласно индексной оценке массы тела в постменопаузальном периоде, нормальную массу тела имели 32% обследованных, повышенную – 38% и ожирение – 30%. У женщин с ожирением средние значения МП позвонков составили $1,07 \pm 0,15$ г/см² (Т-критерий – 1,09 SD, 89,1%), которые статистически значимо ($p < 0,05$) превышали показатели уровня МП у женщин с повышенной и нормальной массой тела ($1,01 \pm 0,17$ г/см², – 1,59 SD, 83,4%) и $0,96 \pm 0,18$ г/см², – 2,03 SD, 79,7%) соответственно. Показано, что избыточная масса тела и жировая масса играют защитную роль в сохранении МП костной ткани. Как указывает Р. Линдсей [4], повышенная масса тела у женщин защищает скелет от негативного эффекта дефицита эстрогенов, что происходит за счет периферической ароматизации в жировой ткани тела надпочечниковых андрогенов в эстрон.

Установлено, что увеличение массы тела сопровождается статистически значимым ($p < 0,001$) ростом общего количества жировой ткани во втором зрелом (на 6,7%) и пожилом возрасте (на 6,8%) с последующим снижением (на 4,1%) в старческом возрасте. Количество мышечной массы снижается с 35 лет, и ее потеря в среднем составляет 0,4% в год. В 51–55 лет мышечная масса уменьшается на 8%, к 60 годам – на 13,5%, а к 75–80 годам – на 19%. Возрастное снижение мышечной массы является последствием снижения физической активности населения, приводит к уменьшению давления мышц на кости и, как следствие, к снижению обменных процессов и деминерализации костной ткани [8]. Резкое снижение гормональной функции яичников у женщин в постменопаузальном периоде, падение уровня циркулирующего 17 β -эстрадиола, а также уровня соматотропного

Таблица 2

Антропометрические показатели женщин в постменопаузальном периоде с разным уровнем МП позвонков

Показатель	Уровень МП позвонков, М±SD		
	норма, n=77	остеопения, n=88	остеопороз, n=58
Возраст, лет	58,7±9,1	62,3±8,7	66,6±7,9
	1-2 p<0,01; 1-3; 2-3 p<0,001		
Время менопаузы, лет	9,4±8,1	13,6±7,9	16,9±7,6
	1-2; 1-3 p<0,001; 2-3 p<0,05		
Длина, см	161,0±6,6	159,2±5,5	156,6±6,8
	1-2 p=0,088; 1-3 p<0,001; 2-3 p<0,05		
Масса, кг	74,3±12,8	70,3±10,9	63,5±11,4
	1-2 p=0,071; 1-3 p<0,001; 2-3 p<0,05		
ОГК, см	97,8±7,9	96,9±8,9	92,1±7,5
	1-2 p=0,665; 1-3 p<0,001; 2-3 p<0,05		
ДГК, см	28,7±2,7	28,9±2,6	27,3±2,2
	1-2 p=0,792; 1-3 p=0,176; 2-3 p=0,067		
Площадь тела, м2	1,85±0,19	1,79±0,17	1,69±0,17
	1-2 p<0,05; 1-3 p<0,001; 2-3 p<0,01		
Жировая масса, кг	28,6±10,0	25,1±8,2	21,5±7,9
	1-2 p<0,05; 1-3; 2-3 p<0,001		
Жировая масса, %	37,9±9,7	35,6±8,5	33,0±8,7
	1-2 p=0,079; 1-3 p<0,001; 2-3 p=0,097		
Мышечная масса, кг	25,5±4,4	24,7±4,4	22,7±4,7
	1-2 p=0,444; 1-3 p<0,001; 2-3 p<0,01		
Мышечная масса, %	34,8±5,8	35,5±5,1	35,7±5,6
	1-2 p=0,147; 1-3 p=0,126; 2-3 p=0,578		
ИМТ, кг/м ²	28,6±4,5	27,8±4,4	25,9±4,6
	1-2 p=0,252; 1-3; 2-3 p<0,001		

гормона и соматомедина-С приводит к уменьшению их анаболического эффекта на скелетную мышцу [13]. Дефицит эстрогенов запускает каскад метаболических нарушений, среди которых важную роль играет повышение активности симпатического отдела вегетативной нервной системы, которая с вовлечением лептина оказывает негативный эффект на костное ремоделирование, снижая образование кости и стимулируя ее разрушение, что в конечном итоге способствует снижению МП костной ткани [10].

По уровню содержания мышечной и жировой массы женщины постменопаузального периода были разделены на 3 подгруппы. Первая – ниже среднего уровня ($\leq 21,0$ и $18,8$ кг соответственно), вторая –

средний уровень (от $21,1$ до $27,8$ кг и от $18,9$ до $30,7$ кг соответственно) и третья – выше среднего уровня ($\geq 28,9$ и $30,8$ кг соответственно). Данные средних значений МП позвонков у женщин в постменопаузальном периоде с разным сочетанием в составе тела жировой и мышечной массы представлены в таблице 3. Выявлено, что только при сочетании высокого уровня развития жировой массы и мышечной массы значения МП костной ткани достигали нормальных величин ($1,21 \pm 0,19$ г/см²; Т-критерий: $-0,1$ SD).

Заключение. Выявленные у женщин репродуктивного возраста положительные корреляционные связи мышечной массы с МП поясничных позвонков позволяют предполагать важную роль скелетных мышц в сохранении костной массы. В связи с тем, что содержание жировой ткани в организме с возрастом увеличивается, а мышечной снижается, у женщин в постменопаузальном периоде выявлены положительные корреляционные взаимосвязи МП костной ткани с жировой массой и с мышечной массой средней силы. Таким образом, низкий уровень мышечной массы можно считать фактором риска снижения минеральной плотности костной ткани и, следовательно, увеличение физической активности населения в любом возрасте является важным фактором профилактики остеопороза.

Таблица 3
Средние значения МП позвонков (L2-4) у женщин в постменопаузальном периоде с разным уровнем развития жировой и мышечной массы, М±SD

Уровень содержания мышечной и жировой массы		
низкий	средний	высокий
0,911±0,212	0,945±0,168	0,946±0,08
0,967±0,212	1,000±0,139	1,021±0,153
1,071±0,144	1,048±0,117	1,211±0,192*

Примечание: * – p<0,05.

Литература

1. Горбачев, А.Л. Возрастные перестройки микроэлементной системы человека как биохимический механизм старения / А.Л. Горбачев, Е.А. Луговая // Северо-Восточный научный журнал. – 2010. – № 1. – С. 54–62.
2. Доршакова, Н.В. Реализация роли экологических факторов в процессе развития патологии и старения человека, живущего на Севере / Н.В. Доршакова [и др.] // Световой режим, старение и рак: матер. II Росс. симпоз. – Петрозаводск, 2013. – С. 96–103.
3. Карапетян, Т.А. О необходимости изучения формирования патологии на северных территориях / Т.А. Карапетян [и др.] // Световой режим, старение и рак: матер. II Росс. симпоз. – Петрозаводск, 2013. – С. 147–154.
4. Линдсей, Р. Дефицит эстрогенов / Р. Линдсей. – М.: Бином, 2000. – 560 с.
5. Николаев, В.Г. Антропологическое обследование в клинической практике / В.Г. Николаев [и др.]. – Красноярск: Изд-во ООО «Версо», 2007. – 173 с.
6. Парфенова, И.А. Минеральная плотность костей скелета, масса мышечной, соединительной и жировой тканей у людей разных соматотипов в возрастном аспекте / И.А. Парфенова, А.А. Свешников // Современные проблемы науки и образования. – 2007. – № 6. – С. 33–38.
7. Пашкова, И.Г. Показатели костной минеральной плотности у жителей Карелии в возрастной аспекте / И.Г. Пашкова, Л.А. Алексина // Ученые записки СПбГМУ им. акад. И.П. Павлова, 2013. – Т. XX, № 4. – С. 31–35.
8. Свешников, А.А. Возрастные изменения биомеханических свойств костной ткани / А.А. Свешников, К.А. Свешников // Росс. конгр. по остеопорозу: матер. конгр. – М., 2003. – С. 41.
9. Франке, Ю. Остеопороз; пер. с нем. / Ю. Франке., Г. Рунге. – М.: Медицина, 1995. – 304 с.
10. Brahm, H. Relationships between bone mass measurements and lifetime physical activity in a Swedish population / H. Brahm [et al.] // Calcif. tissue int. – 1998. – Vol. 62, № 5. – P. 400–412.
11. Gunnes, M. How well can a previous fracture indicate a new fracture? A questionnaire study of in women with osteoporosis / M. Gunnes, D.T. Gold // Bone. – 1996. – Vol. 19, № 2. – P. 185–189.
12. Matiegka J. The testing of physical efficiency / J. Matiegka // Amer. j. phys. anthropol. – 1921. – Vol. 4. – P. 223–230.
13. Pettersson, U. Effect of high impact activity on bone mass and size in adolescent females: A comparative study between two different types of sports / U. Pettersson [et al.] // Calcif. tissue int. – 2000. – Vol. 67, № 3. – P. 207–214.
14. Soderman, K. Bone mass and muscle strength in young female soccer players / K. Soderman [et al.] // Calcif. tissue int. – 2000. – Vol. 67, № 3. – P. 297–303.

I.G. Pashkova, I.V. Gayvoronsky

Morphofunctional correlation between mineral density of bone tissue and body component composition at women from Republic of Karelia

Abstract. Correlations between the mineral density of bone tissue and body component composition at 360 women residing in Republic of Karelia are described. It was proved that the attainment of peak values of mineral density of bone tissue at citizens of Karelia happens later, only by 22 years. At elderly and old women we marked the significant changes of body component composition, essentially increase of the percentage of fat mass and the loss of lumbar vertebra mineral density. We revealed the high prevalence of women with overweight, adiposity and abnormality of bone mineral density. Statistically significant ($p < 0,05$) correlation between mineral density of lumbar vertebra and weight, growth, a body mass index, muscle and fatty mass was observed. A significant relation between muscle mass and bone density is found among women of reproductive age. Both the high level of muscular and fatty development protects bone from missing minerals among post-menopausal women. The decrease of muscle mass is a major risk factor of decrease of bone mineral density.

Key words: *anthropometry, absorptiometry, body component composition, fat mass, muscle mass, adiposity, body mass index, bone mineral density.*

Контактный телефон: +7-921-220-69-54; e-mail: pashk@onego.ru