

# МИНЕРАЛЬНАЯ ПЛОТНОСТЬ КОСТНОЙ ТКАНИ И ДИФфуЗИОННАЯ СПОСОБНОСТЬ ЛЕГКИХ У БОЛЬНЫХ ХРОНИЧЕСКОЙ ОБСТРУКТИВНОЙ БОЛЕЗНЬЮ ЛЕГКИХ

## BONE MINERAL DENSITY AND LUNG DIFFUSING CAPACITY IN PATIENTS WITH CHRONIC OBSTRUCTIVE PULMONARY DISEASE

*E. Kochetova*

**Summary.** The aim of this study was to evaluate bone mineral density (BMD) in patients with chronic obstructive pulmonary disease (COPD) with varying degrees of decreased pulmonary diffusion capacity.

**Research methods:** A study was conducted on 89 COPD patients, men with a long history of smoking. The average age of the patients was  $60.07 \pm 5.4$  years. According to the severity of bronchial obstruction, 39.33 % of patients corresponded to GOLD 2, 38.2 % of patients to GOLD 3, 22.47 % of patients to GOLD 4. The FVD study was performed on the MasterLab/Jaeger device. The diffusing capacity of the lungs (DLCO), the ratio of the diffusing capacity of the lungs to the alveolar volume (DLCO/Va), body plethysmography, exercise tolerance (6MWD, m), and the severity of dyspnea (according to the mMRC scale) were studied. The bone mineral density (BMD) of the lumbar spine in the direct projection and the proximal femur (neck, Ward's area, greater trochanter) was assessed on a Lunar DPX-NT densitometer. Results. Patients with COPD were divided into 3 groups: group 1 with DLCO < 40 %, group 2 with DLCO 40–60 %, group 3 with DLCO > 60 %. The lumbar spine BMD indices were the lowest in the group with severe DLCO reduction in the lungs. BMD of the Ward's area, greater trochanter, femoral neck, and proximal femur in patients with DLCO < 40 % significantly differed from similar indices in the group of patients with mild diffusion capacity reduction ( $p < 0.05$ ).

**Conclusions.** COPD patients with DLCO < 40 % were characterized by decreased BMD indices compared to BMD indices in COPD patients with DLCO > 60 % ( $p < 0.05$ ). Reliable correlations of BMD with the diffusion capacity of the lungs were established (a direct relationship of medium strength for BMD of the spine, a direct relationship of medium strength for BMD of the femoral neck). Reliable correlations of BMD with TLC and RLC (inverse relationship of medium strength) were established. During the study, reliable correlations of the diffusion capacity of the lungs with RLC and RLC/TLC (inverse relationship of medium strength for RLC, inverse relationship of medium strength for RLC/TLC) were established.

**Keywords:** chronic obstructive pulmonary disease; bone mineral density, osteoporosis, diffusion capacity of the lungs, pulmonary hyperinflation.

**Кочетова Екатерина Викторовна**

кандидат медицинских наук, доцент,  
Петрозаводский государственный университет  
67011@mail.ru

**Аннотация.** Целью настоящего исследования было оценить минеральную плотность костной ткани (МПКТ) у больных хронической обструктивной болезнью легких (ХОБЛ) с различной степенью снижения диффузионной способности легких.

**Методы исследования:** Выполнено исследование 89 больных ХОБЛ, мужчин, имеющих длительный стаж курения. Средний возраст пациентов был  $60,07 \pm 5,4$  лет. По степени тяжести нарушений бронхиальной проходимости 39,33 % больных соответствовали GOLD 2, 38,2 % больных GOLD 3, 22,47 % больных GOLD 4. Исследование ФВД проводили на установке «MasterLab/Jaeger». Исследовались диффузионная способность легких (DLCO), отношение диффузионной способности легких к альвеолярному объему (DLCO/Va), плетизмография тела, толерантность к нагрузке (6MWD, м), выраженность одышки (по шкале mMRC). Оценку минеральной плотности костной ткани (МПКТ) поясничного отдела позвоночника в прямой проекции и проксимального отдела бедренной кости (шейка, область Варда, большой вертел) проводили на денситометре Lunar DPX-NT.

**Результаты.** Больные с ХОБЛ были разделены на 3 группы: 1-я группа с DLCO < 40 %, 2-я группа с DLCO 40–60 %, 3-я группа с DLCO > 60 %. Показатели МПКТ поясничного отдела позвоночника были наименьшими в группе с тяжелой степенью снижения DLCO легких. МПКТ области Варда, большого вертела, шейки бедренной кости, проксимального отдела бедренной кости в целом у пациентов с DLCO < 40 % достоверно отличалась от аналогичных показателей в группе больных с легким снижением диффузионной способности ( $p < 0,05$ ).

**Выводы.** Больные ХОБЛ с DLCO < 40 % характеризовались снижением показателей МПКТ по сравнению с показателями МПКТ больных ХОБЛ с DLCO > 60 % ( $p < 0,05$ ). Установлены достоверные корреляции МПКТ с диффузионной способностью легких (прямая связь средней силы для МПКТ позвоночника, прямая связь средней силы для МПКТ шейки бедренной кости). Установлены достоверные корреляции МПКТ с ОЕЛ и ООЛ (обратная связь средней силы). В ходе исследования были установлены достоверные корреляции диффузионной способности легких с ООЛ и ООЛ/ОЕЛ (обратная связь средней силы для ООЛ, обратная связь средней силы для ООЛ/ОЕЛ).

**Ключевые слова:** хроническая обструктивная болезнь легких, минеральная плотность костной ткани, остеопороз, диффузионная способность легких, гиперинфляция легких.

**Х**роническая обструктивная болезнь легких (ХОБЛ) как болезнь с неоднородным коморбидным фоном характеризуется сочетанием респираторной симптоматики и внелегочных эффектов, главными из которых являются сердечные проявления, кахексия, нарушения работы мышц, остеопороз, депрессия [1]. Остеопороз у пациентов с ХОБЛ часто связан с эмфиземой легких (ЭЛ), плохим состоянием здоровья и плохим прогнозом [2]. ЭЛ, входящая в структуру ХОБЛ, характеризуется прогрессирующим, патологическим разрастанием воздушных пространств и разрушением альвеолярной стенки, что приводит к неэффективному газообмену [3,4]. Функциональный вклад ЭЛ в развитие ХОБЛ оценивают путем измерения диффузионной способности легких (DLCO) [3,5]. В настоящее время обсуждается необходимость функционального фенотипирования на основе данных ОФВ1 и диффузии легких, поскольку это может улучшить прогноз и лечение ХОБЛ [3,5]. Неоднородность клинического профиля больных ХОБЛ связана с доминирующим фенотипом — эмфизематозным или бронхитическим [1,6]. Для больных ХОБЛ с доминантным эмфизематозным типом характерно наличие выраженной гиперинфляции легких (ГИЛ), что в совокупности с «воздушной ловушкой» способствует формированию особой клинической картины. Проверить наличие «воздушной ловушки» и ГИЛ можно путем измерения объемов легких (ОЛ) методом плетизмографии тела. ЭЛ характеризуется снижением DLCO ниже 80 % с сопутствующим уменьшением ОФВ1 ниже 80 % и/или увеличением остаточного объема легких (ООЛ) более 120 % и увеличением соотношения ООЛ/ОЕЛ [6,7,8]. Индекс ООЛ/ОЕЛ чрезвычайно важен для пациентов с ХОБЛ [9]. Учитывая взаимосвязь эмфизематозного фенотипа ХОБЛ и остеопороза, изучение вторичного остеопороза у больных ХОБЛ, патофизиологических факторов, связанных с хроническим воспалением системы, в настоящее время приобретает все большую актуальность [10,11]. Представляет интерес изучить плотность костной ткани у больных ХОБЛ с разной степенью снижения диффузионной способности легких, а также изучить корреляцию показателей МПКТ с DLCO, ООЛ, ОЕЛ.

Цель: оценить минеральную плотность костной ткани у больных ХОБЛ с разным уровнем DLCO, изучить связь между DLCO и МПК, корреляцию DLCO и ООЛ, ОЕЛ.

Методы исследования: исследование проведено на 89 пациентах с ХОБЛ, мужчин с длительным стажем курения. При диагностике ХОБЛ руководствовались классификацией глобальной стратегии диагностики, лечения и профилактики ХОБЛ (Глобальная инициатива по хроническим заболеваниям легких — GOLD).

Критерии включения в исследование: больные с достоверным диагнозом ХОБЛ. Из исследования исключены лица, получавшие глюкокортикостероиды (ГКС)

и имевшие сопутствующие заболевания, которые могли влиять на метаболизм костной ткани.

Средний возраст пациентов был  $60,07 \pm 5,4$  лет. По степени тяжести нарушений бронхиальной проходимости 39,33 % больных соответствовали GOLD 2, 38,2 % больных GOLD 3, 22,47 % больных GOLD 4.

Оценку ФВД проводили на многомодульной установке «MasterLab/Jaeger», оценку газообмена комплексом EasyBlood (Gas/Medica) и пульсоксиметрами. Изучалась альвеолокапиллярная диффузия (DLCO), альвеолярный объем, DLCO/Va. Проводилось исследование плетизмографии тела с определением внутригрудного объема газа (ВГОГ), общей емкости легких (ОЕЛ), остаточного объема легких (ООЛ), отношения остаточного объема легких к общей емкости легких (ООЛ/ОЕЛ), резервного объема выдоха (РО выд). Также исследовались газообмен ( $PaO_2$ ,  $PaCO_2$ ,  $SaO_2$ ), толерантность к нагрузке (6MWD, м). Выраженность одышки измеряли по шкале mMRC.

Денситометр Lunar DPX-NT был использован для изучения МПК позвоночника и бедренной кости.

Статистическая обработка результатов была выполнена на IBM-совместимом компьютере с использованием программы Статистика 6.0.

## Результаты

Все пациенты имели длительный стаж курения, показатель пачек/лет был 40, одышка по шкале mMRC составляла  $2,44 \pm 0,51$ ,  $2,67 \pm 0,5$ ,  $3,0 \pm 0,48$  баллов, 6MWD —  $383,38 \pm 102,46$  м,  $355,63 \pm 113,38$  м,  $224,28 \pm 123,4$  м в зависимости от степени бронхиальной обструкции (таблица 1).

Таблица 1.

Характеристика больных ХОБЛ

Показатели	Больные ХОБЛ GOLD 2 N=35	Больные ХОБЛ GOLD 3 N=34	Больные ХОБЛ GOLD 4 N=20
Средний возраст, годы	$58,58 \pm 5,87$	$61,24 \pm 5,24$	$60,40 \pm 5,10$
ИМТ кг/м <sup>2</sup>	$25,94 \pm 5,19$	$24,07 \pm 5,75$	$21,81 \pm 5,8$
Стаж курения, пачек/лет	40 (30–47)	40 (37–44)	40,5 (33–45)
mMRC, баллы	$2,44 \pm 0,51$	$2,67 \pm 0,5$	$3,0 \pm 0,48$
6MWD, м	$383,38 \pm 102,46$	$355,63 \pm 113,38$	$224,28 \pm 123,4$

При оценке показателей плетизмографии тела были получены следующие результаты (таблица 2). Внутригрудной объем газа (ВГОГ) нарастал при усугублении степени бронхиальной обструкции и был  $209,32 \pm 59,11$  % у больных ХОБЛ GOLD 4. Остаточный объем легких

(ООЛ) также был наиболее выраженным у больных ХОБЛ GOLD 4 и составил  $266,06 \pm 107,72$  % от должных величин (таблица 2). Показатель ООЛ/ОЕЛ у больных ХОБЛ GOLD 2 был  $137,54 \pm 29,07$  % от должных величин, у больных ХОБЛ с тяжелой и крайне тяжелой степени обструкции  $167,83 \pm 17,49$  % и  $191,6 \pm 33,56$  % соответственно (таблица 2). Установлены достоверные корреляции DLCO легких с ООЛ и ООЛ/ОЕЛ (обратная связь средней силы  $r = -0,35$ ,  $p < 0,05$  для ООЛ, обратная связь средней силы  $r = -0,39$ ,  $p < 0,05$  для ООЛ/ОЕЛ).

Таблица 2.

Показатели бодиплетизмографии у больных ХОБЛ

Показатели	МПКТ г/см <sup>2</sup>		
	Больные ХОБЛ 2 GOLD N=35	Больные ХОБЛ 3 GOLD N=34	Больные ХОБЛ 4 GOLD N=10
Внутригрудной объем газа (ВГОГ) % от должных величин	$149,48 \pm 26,89$	$180,75 \pm 28,49$	$209,32 \pm 59,11^*$
Общая емкость легких (ОЕЛ) % от должных величин	$114,76 \pm 23,62$	$124,39 \pm 27,68$	$128,87 \pm 37,59$
Остаточный объем легких (ООЛ) % от должных величин	$174,54 \pm 62,66$	$228,15 \pm 52,29$	$266,06 \pm 107,72^*$
ООЛ/ОЕЛ % от должных величин	$137,54 \pm 29,07$	$167,83 \pm 17,49$	$191,6 \pm 33,56^*$
Резервный объем выдоха (РО выд) % от должных величин	$98,18 \pm 55,81$	$64,26 \pm 35,4$	$50,7 \pm 20,92^*$

Примечание. \* —  $p < 0,05$

В зависимости от степени снижения диффузионной способности легких (DLCO), больные были разделены на 3 группы: 1-я группа с тяжелой степенью снижения диффузионной способности легких DLCO < 40 %, 2-я группа со средней степенью снижения DLCO 40–60 %, 3-я группа с легким снижением DLCO > 60 % (таблица 3, таблица 4).

Таблица 3.

Показатели одышки и 6MWD у больных ХОБЛ

Показатели	МПКТ г/см <sup>2</sup>		
	Больные ХОБЛ DLCO < 40 % N=25	Больные ХОБЛ DLCO 40–60 % N=31	Больные ХОБЛ DLCO > 60 % N=33
mMRC, баллы	$3,09 \pm 0,56$	$2,8 \pm 0,54$	$2,47 \pm 0,52^*$
6MWD, м	$268,25 \pm 133,8$	$306,33 \pm 131,35$	$400,32 \pm 77,36^*$

Примечание. \* —  $p < 0,05$

В группе больных с DLCO < 40 % 6MWD был минимальным  $268,25 \pm 133,8$  м, у пациентов DLCO 40–60 % 6MWD был  $306,33 \pm 131,35$  м, при легком снижении DLCO 6MWD  $400,32 \pm 77,36$  м. Одышка по шкале mMRC была наиболее

выраженной ( $3,09 \pm 0,56$  баллов) в группе больных DLCO < 40 %.

Результаты МПК поясничного отдела позвоночника были наименьшими у больных ХОБЛ с DLCO < 40 % (таблица 4). Показатели МПКТ бедренной кости, у пациентов с DLCO < 40 % достоверно отличалась от аналогичных результатов в группе больных с DLCO > 60 % ( $p < 0,05$ ). (Таблица 4).

Таблица 4.

Минеральная плотность костной ткани у больных ХОБЛ

Отдел костной системы	МПКТ г/см <sup>2</sup>		
	Больные ХОБЛ DLCO < 40 % N=25	Больные ХОБЛ DLCO 40–60 % N=31	Больные ХОБЛ DLCO > 60 % N=33
Поясничный отдел позвоночника L1	$0,88 \pm 0,13$	$1,02 \pm 0,14$	$1,04 \pm 0,2^*$
Поясничный отдел позвоночника L2	$0,96 \pm 0,15$	$1,10 \pm 0,16$	$1,15 \pm 0,23^*$
Область Варда	$0,6 \pm 0,12$	$0,73 \pm 0,17$	$0,77 \pm 0,16^*$
Большой вертел	$0,79 \pm 0,11$	$0,88 \pm 0,12$	$0,96 \pm 0,14^*$
Шейка бедренной кости	$0,77 \pm 0,15$	$0,92 \pm 0,16$	$0,98 \pm 0,13^*$
Проксимальный отдел бедренной кости в целом	$0,88 \pm 0,13$	$1,01 \pm 0,16$	$1,06 \pm 0,14^*$

Примечание. \* —  $p < 0,05$

При исследовании связи между МПКТ и показателями диффузионной способности легких выявлены достоверные корреляции МПКТ с DLCO: прямая связь средней силы ( $r = 0,43$ ;  $p < 0,01$ ) для МПКТ позвоночника, прямая связь средней силы ( $r = 0,57$ ;  $p < 0,01$ ) для МПКТ шейки бедренной кости.

Также выявлены достоверные корреляции МПКТ с ОЕЛ и ООЛ (обратная связь средней силы ( $r = -0,36$ ;  $p < 0,05$ ) для ОЕЛ и обратная связь средней силы ( $r = -0,38$ ;  $p < 0,05$ ) для ООЛ).

### Выводы

1. Больные ХОБЛ с DLCO < 40 % характеризовались снижением показателей МПКТ по сравнению с показателями МПКТ больных ХОБЛ с DLCO > 60 % ( $p < 0,05$ ).
2. Установлены достоверные корреляции МПКТ с диффузионной способностью легких (прямая связь средней силы для МПКТ позвоночника, пря-

- мая связь средней силы для МПКТ шейки бедренной кости).
3. Установлены достоверные корреляции МПКТ с ОЕЛ и ООЛ (обратная связь средней силы).
  4. Установлены достоверные корреляции диффузионной способности легких с ООЛ и ООЛ/ОЕЛ (обратная связь средней силы для ООЛ, обратная связь средней силы для ООЛ/ОЕЛ).

## ЛИТЕРАТУРА

1. Хроническая обструктивная болезнь легких. Клинические рекомендации, 2023 год.
2. Global Initiative for chronic obstructive lung disease, 2024 report.
3. Кытикова О.Ю., Антонюк М.В., Гвозденко Т.А., Новгородцева Т.П. Диффузионная способность легких при хронической обструктивной болезни легких: гендерные, возрастные и расовые аспекты // Бюллетень физиологии и патологии дыхания. 2022. Вып.85. С.116–130. DOI: 10.36604/1998-5029-2022-85-116-130.
4. Xu X., Huang K., Dong F., Qumu S., Zhao Q., Niu H., Ren X., Gu X., Yu T., Pan L., Yang T., Wang C. The Heterogeneity of Inflammatory Response and Emphysema in Chronic Obstructive Pulmonary Disease // Front. Physiol. 2021. Vol.12. Article number: 783396. <https://doi.org/10.3389/fphys.2021.783396>.
5. Balasubramanian A., MacIntyre N.R., Henderson R.J., Jensen R.L., Kinney G., Stringer W.W., Hersh C.P., Bowler R.P., Casaburi R., Han M.K., Porszasz J., Barr R.G., Make B.J., Wise R.A., McCormack M.C. Diffusing capacity of carbon monoxide in assessment of COPD // Chest. 2019. Vol.156, Iss.6. P.1111–1119. <https://doi.org/10.1016/j.chest.2019.06.035>
6. Эмфизема легких. Клинические рекомендации 2021 год.
7. Sanders C., Nath P.H., Bailey W. Detection of emphysema with computed tomography: correlation with pulmonary function tests and chest radiography // Invest. Radiol. 1988 V. 23 P. 262–266.
8. Функциональная диагностика в пульмонологии: Практическое руководство / Под ред. Чучалина А.Г. — М.: Издательский холдинг «Атмосфера», 2009. — 192 с.
9. Tae Rim Shin, Yeon-Mok Oh, Joo Hun Park, Keu Sung Lee, Sunghye Oh, Dae Ryoung Kang. The Prognostic Value of Residual Volume/Total Lung Capacity in Patients with Chronic Obstructive Pulmonary Disease // J. Korean Med Sci. 2015 Oct;30(10):1459–1465. 2015. <https://doi.org/10.3346/jkms.2015.30.10.1459>
10. Никитин А.В., Васильева Л.В., Евстратова Е.Ф., Никитин В.А. Прогностическое значение показателей плотности костной ткани у больных хронической обструктивной болезнью лёгких. Клини. Мед. 2017; 95 (12): 1094–1097 DOI <http://dx.doi.org/10.18821/0023-2149-2017-95-12-1094-1097>.
11. Остеопороз. Клинические рекомендации, 2021 год.

© Кочетова Екатерина Викторовна (67011@mail.ru)

Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»