

# ФУНКЦИОНАЛЬНАЯ ДИАГНОСТИКА И ДИАГНОСТИЧЕСКИЕ ТЕХНОЛОГИИ В МЕДИЦИНСКОЙ РЕАБИЛИТАЦИИ В ВОССТАНОВИТЕЛЬНОЙ МЕДИЦИНЕ, СПОСОБЫ РЕЗЕРВОМЕТРИИ

## ИЗМЕНЕНИЯ СОСТАВА ТЕЛА И НАРУШЕНИЯ КООРДИНАЦИИ У ПАЦИЕНТОВ С КОМПРЕССИОННЫМИ ПЕРЕЛОМАМИ ТЕЛ ПОЗВОНКОВ НА ФОНЕ ОСТЕОПОРОЗА

УДК 616.71-008.1

<sup>1</sup>Макарова Е.В., <sup>1</sup>Марченкова Л.А., <sup>1</sup>Шакурова Л.Р., <sup>1</sup>Еремушкин М.А., <sup>1</sup>Стяжкина Е.М., <sup>1</sup>Чесникова Е.И., <sup>2</sup>Новиков А.В., <sup>2</sup>Малышева Т.Б.

<sup>1</sup>ФГБУ «Национальный медицинский исследовательский центр реабилитации и курортологии» Минздрава России, Москва, Россия

<sup>2</sup>Университетская клиника ФГБОУ ВО «Приволжский Исследовательский Медицинский Университет» Минздрава России, Нижний Новгород, Россия

## COORDINATION DISORDERS IN PATIENTS WITH OSTEOPOROTIC COMPRESSION VERTEBRAL FRACTURES

<sup>1</sup>Makarova E.V., <sup>1</sup>Marchenkova L.A., <sup>1</sup>Shakurova L.R., <sup>1</sup>Eremushkin M.A., <sup>1</sup>Styazkina E.M., <sup>1</sup>Chesnikova E.I., <sup>2</sup>Novikov A.V., <sup>2</sup>Malysheva T.B.

<sup>1</sup>«National Medical Research Center of Rehabilitation and Balneology», Moscow, Russia,

<sup>2</sup>«University Clinic of Privolzhsky Research Medical University», Nizhny Novgorod, Russia

### Введение

Неустойчивость во время ходьбы, характерная для пожилых людей, и сложности в поддержании баланса туловища в положении стоя могут приводить к падениям [1]. В пожилом возрасте как минимум один раз в год падают 30% людей, к 80 годам – уже более 50%, и, учитывая высокую распространенность постменопаузального и сенильного остеопороза (ОП) в этом возрасте, такие падения служат одной из основных причин переломов и госпитализаций [2,3]. Так, среди пожилых людей до 82% переломов ассоциированы с падениями [4].

Известно, что функция баланса ухудшается с возрастом, при развитии саркопении, а также страдает у лиц с нарушением статики позвоночника [5,6,7]. Однако работы, посвященные координационным нарушениям у пациентов с ОП, пока единичны. Особый интерес представ-

ляет изучение влияния остеопоротических компрессионных переломов позвонков (ПП) на координационные функции пациентов. Доказано, что ПП значительно снижают качество жизни [8,9,10] формированию патологического грудного гиперкифоза, повышают риск последующих падений и переломов у пациентов с ОП [7]. Однако этот тип переломов более чем в половине случаев остается не диагностированным и, следовательно, их последствия для здоровья недооцениваются врачами [7,11]. Объективная оценка нарушений функции баланса и ассоциированных с ними факторов у таких больных позволит, по нашему мнению, расширить понимание клинических последствий ПП на фоне ОП и более эффективно и рационально планировать программы реабилитации.

Таким образом, целью данного исследования было изучение особенностей нарушений координационных

способностей и определение ассоциированных с ними факторов риска у пациентов с системным ОП, осложненным патологическими компрессионными ПП.

### Материалы и методы

Проводилось одномоментное исследование поперечного среза в двух группах. Исследуемую группу формировали из мужчин и женщин в возрасте от 40 до 80 лет с системным ОП, осложненным как минимум одним патологическим компрессионным ПП по критериям Н. Genant [12], подтвержденным рентгенологически и давностью не более 12 месяцев, и показателями минеральной плотности кости (МПК) по Т-критерию в поясничном отделе позвоночника или проксимальном отделе бедренной кости  $\leq -2,0$ . Критериями исключения были: отказ подписать информированное согласие на участие в исследовании, кахексия любого происхождения, заболевания или лекарственная терапия, отрицательно влияющие на двигательные способности и мышечную силу.

Группу сравнения формировали из пациентов без патологических переломов в анамнезе, сопоставимых по полу, возрасту, индексу массы тела (ИМТ) и показателям МПК в соотношении 1:2 по отношению к исследуемой группе.

Комплекс обследования пациентов в обеих группах включал:

1. Клинический осмотр и сбор анамнеза;
2. Расчет абсолютного 10-летнего риска переломов при помощи международного инструмента-расчета FRAX® [11];
3. Костную денситометрию на денситометре «Lunar Prodigy» (General Electric) с определением МПК (в г/см<sup>2</sup> и в виде выраженного в стандартных отклонениях Т-критерия) в поясничном отделе позвоночника (L1-L4), а также композиционного состава тела в режиме «Все тело» (Total Body), с расчетом массы жировой ткани (г), тощей массы (г), минеральной массы скелета (г) и скелетно-мышечного индекса Баумгартена – индекса саркопении (кг/м<sup>2</sup>);
4. Исследование координационной функции методом стабиллометрии [13–14] на аппарате «Стабилан 1.0», который представляет собой платформу, регистрирующую основные характеристики управления позой человека

на основе измерения координат центра давления (ЦД) в плоскости опоры;

5. Функциональные тесты для оценки статического равновесия (тест «Стойка на одной ноге» с открытыми и закрытыми глазами) и динамического равновесия (тест ходьбы на месте Fukuda-Unterberger) [15];

6. Исследование лабораторных показателей кальций-фосфорного обмена и костного ремоделирования: кальция общего (референсные значения 2,01–2,57 ммоль/л), фосфора неорганического (0,75–1,45 ммоль/л), щелочной фосфатазы (35–140 ед/л) в сыворотке крови, которые исследовались коллометрическим методом; иммуно-реактивного паратиреоидного гормона в сыворотке крови, определявшегося методом электрохемилюминесцентного иммуноанализа (15–65 пг/мл);  $\beta$ -изомера С-терминального телопептида коллагена типа I (СТх) в плазме крови, исследовавшегося методом иммуноанализа (0–0,32 нг/мл); уровня 25(OH)D в сыворотке крови, определявшегося методом иммунохемилюминесцентного анализа (30–80 нг/мл).

Статистический анализ выполнен в программе Microsoft Statistica 10.0 с использованием параметрических и непараметрических методов. Значения показателей приведены в виде среднего и стандартного отклонения –  $M \pm m$  при правильном распределении или в виде медианы и 25-го и 75-го квартилей – Me [25%; 75%] при неправильном. Для попарных сравнений показателей в группах использовали t-критерий Стьюдента или критерий Манна-Уитни с поправкой Бонферрони. Для выявления взаимосвязи двух показателей для конечных величин использовали метод корреляции Спирмена или гамма-корреляции. Критический уровень значимости при проверке статистических гипотез принимался равным 0,05.

### Результаты исследования.

Обследовано 90 пациентов. Исследуемую группу составили 60 человек (56 женщин, 4 мужчины), среди которых 38,3% пациентов имели патологический перелом одного позвонка, 16,6% – двух, 20% – трех, 25,1% – от четырех до девяти позвонков. В группу сравнения включили 30 пациентов (28 женщин, 2 мужчин). Как видно из табл.

**Таблица 1.** Характеристики исследуемой группы и группы сравнения

Показатели	Исследуемая группа	Группа сравнения	P
Мужчины/женщины	4/56	2/28	
Возраст (годы)	65,43±7,12	61,97±5,22	0,09
Вес (см)	74,8±14,2	76,23±11,03	0,10
Рост (кг)	161,3±16,3	162,9±14,8	0,12
ИМТ (кг/м <sup>2</sup> )	26,74±4,39	28,73±5,94	0,09
Длительность ОП (лет)	3,21±8,16	2,98±7,03	0,2
Длительность постменопаузы (для женщин)	15,86±8,05	14,10±5,73	0,10
Возраст менопаузы (для женщин)	49,56±4,49	49,85±4,48	0,07
<b>Абсолютный 10-летний риск основных остеопоротических переломов по FRAX® (%)</b>	<b>23,0 [17,5;28,0]</b>	<b>13,0 [9,8;16,0]</b>	<b>0,000</b>
<b>Абсолютный 10-летний риск перелома бедренной кости по FRAX® (%)</b>	<b>6,9 [3,6;9,3]</b>	<b>2,1 [1,5;3,9]</b>	<b>0,000</b>
МПК L1-L4 (Т-критерий)	-2,5±0,8	-1,8±1,05	0,10

Таблица 2. Показатели состава тела в группах по данным костной денситометрии по программе Body Total

Показатели	Исследуемая группа	Группа сравнения	P
Масса тела (г)	75129,6±12178,43	77726,4±16138,69	0,09
Масса мягких тканей (г)	73197,67±11826,8	75376,7±11745,9	0,08
<b>Процент жировой ткани (%)</b>	<b>40,67±7,22</b>	<b>47,05±9,15</b>	<b>0,01</b>
<b>Масса жировой ткани (г)</b>	<b>29717±8367,42</b>	<b>35464,08±9127,4</b>	<b>0,01</b>
Тощая масса (г)	43479,01±5969,11	39949,57±6282,04	0,07
<b>Минеральная масса скелета (г)</b>	<b>1931,93±351,56</b>	<b>2349,64±432,53</b>	<b>0,001</b>
<b>Индекс Баумгартена (кг/м<sup>2</sup>)</b>	<b>6,52±1,23</b>	<b>7,5±2,08</b>	<b>0,02</b>

1, группы статистически не различались по возрастным и антропометрическим характеристикам, а также показателям МПК в поясничном отделе позвоночника.

Пациенты в исследуемой группе имели более высокий абсолютный риск развития новых переломов по FRAX<sup>®</sup> в сравнении с контрольной группой, как для основных остеопоротических переломов (p=0,000), так и для перелома бедренной кости (p=0,000), а также более низкую МПК в шейке левого бедра (p=0,001).

По данным анализа состава тела, пациенты исследуемой группы, с патологическими ПП, характеризовались более низким скелетно-мышечным индексом Баумгартена (p=0,02), меньшей массой и процентом содержания жировой ткани (p=0,01 и p=0,001, соответственно), а также меньшей минеральной массой скелета (p=0,001) при сопоставимой тощей массе (p=0,07) и общей массе мягких тканей (p=0,08, табл. 2).

Согласно данным стабилотрии (табл. 3), группа пациентов с патологическими ПП характеризовалась более низким коэффициентом равновесия (КР) при открытых (p=0,000) и закрытых глазах (p=0,03), а также большим смещением и девиацией в сагиттальной плоскости

(p=0,01 и p=0,025, соответственно). Площадь статокинезиограммы в обеих группах была сопоставима (p=0,2), однако, скорость перемещения ЦД оказалась выше пациентов с ОП без переломов в группе сравнения (p=0,009).

Анализ результатов функционального теста «Стойка на одной ноге» показал, что в исследуемой группе, в сравнении с группой сравнения, пациенты хуже поддерживали равновесие на левой ноге с открытыми (p=0,05) и закрытыми глазами (p=0,05). При выполнении теста Фукуды пациенты исследуемой группы сильнее отклонялись в сторону (p=0,02, табл. 3).

Корреляционный анализ выявил статистически значимые зависимости от возраста показателей стабилотрии – КР с открытыми (p=0,009) и закрытыми глазами (p=0,01), смещения в сагиттальной плоскости (p=0,003), девиации в сагиттальной (p=0,002) и фронтальной (p=0,04) плоскостях, а также результатов функциональных тестов «Стойка на одной ноге» с открытыми (p=0,001) и закрытыми глазами (p=0,03, табл. 4). Со значениями ИМТ в исследуемой группе положительно коррелировал КР при открытых глазах (p=0,04), отрицательно – показатели смещения по фронтальной плоскости (p=0,04, табл. 4).

Таблица 3. Показатели координационных способностей пациентов в исследуемой группе и группе сравнения

	Исследуемая группа	Группа сравнения	P
<i>Стабилотрия</i>			
<b>КР с открытыми глазами, %</b>	<b>77,0±7,61</b>	<b>85,65±9,38</b>	<b>0,000</b>
<b>КР с закрытыми глазами, %</b>	<b>67,13±9,78</b>	<b>73,36±9,97</b>	<b>0,03</b>
Смещение по фронтали, мм	3,7 [1,03;6,86]	2,16 [1,8;4,46]	0,74
<b>Смещение по сагиттали, мм</b>	<b>6,8 [3,1;37,7]</b>	<b>4,8 [1,8;10,73]</b>	<b>0,01</b>
Девиация во фронтальной плоскости, мм	1,08 [-1,16;1,3]	1,0 [-1,4;1,2]	0,67
<b>Девиация в сагиттальной плоскости, мм</b>	<b>1,2 [-1,07; 1,5]</b>	<b>-1,2 [-1,5;1,23]</b>	<b>0,025</b>
<b>Скорость перемещения ЦД, мм/сек</b>	<b>9,51±4,43</b>	<b>7,1±2,7</b>	<b>0,009</b>
Площадь статокинезиограммы, мм <sup>2</sup>	176,82±279,24	156,43±165,41	0,2
<i>Тест «Стойка на одной ноге»</i>			
<b>С открытыми глазами на левой ноге (ЛН), сек)</b>	<b>5,0 [1,0;10,0]</b>	<b>7,5 [5,0;10,5]</b>	<b>0,05</b>
С открытыми глазами на правой ноге (ПН), сек	5,0 [2,0;10,0]	10,0 [5,0;15,0]	0,45
<b>С закрытыми глазами ЛН, сек</b>	<b>2,0 [0;3,0]</b>	<b>3,5 [3,0;5,0]</b>	<b>0,05</b>
С закрытыми глазами ПН, сек	2,0 [0;3,5]	2,5 [0;3,0]	0,5
<i>Тест Фукуды</i>			
Смещение в метрах	1,0 [0,5; 1,0]	0,8 [0,4; 1,0]	0,29
<b>Смещение в градусах</b>	<b>40,0 [25,0; 45,0]</b>	<b>30,0 [10,0; 45,0]</b>	<b>0,02</b>

**Таблица 4.** Корреляционные связи координационных способностей с возрастом, ИМТ, показателями тяжести ОП и состава тела

	Возраст (R)	ИМТ (g)	МПК L1-L4 (R)	Кол-во ПП (g)	Масса жир. ткани (R)	Масса мягк. тканей (R)	Мышечная масса (R)	Мин. масса скелета (R)
<i>Тест «Стойка на одной ноге»</i>								
С откр. глазами ЛН, сек	-0,12	-0,04	-0,2	-0,05	0,02	0,009	-0,11	-0,05
С откр. глазами ПН, сек	-0,001	0,008	-0,009	-0,01	0,06	0,13	0,12	0,09
С закр. глазами ЛН, сек	<b>-0,35***</b>	0,003	0,07	-0,15	0,07	-0,01	-0,15	-0,000
С закр. глазами ПН, сек	<b>-0,42**</b>	-0,19	-0,03	0,03	-0,08	-0,06	-0,08	0,003
<i>Тест Фукуды</i>								
Смещение, м	0,06	0,07	0,07	<b>0,3*</b>	0,15	-0,03	-0,15	-0,2
Смещение, град.	0,08	-0,09	0,02	0,15	0,11	-0,06	0,03	-0,15
<i>Стабилометрия</i>								
КР с откр. глазами, %	<b>0,41**</b>	<b>0,16*</b>	0,03	-0,03	0,07	-0,07	0,04	<b>0,43**</b>
КР с закр. глазами, %	<b>0,4**</b>	-0,5	-0,07	-0,14	0,13	-0,02	0,4	<b>0,33*</b>
Смещ. по фронтالي, мм	-0,04	<b>-0,15*</b>	-0,18	-0,05	0,3	0,29	0,07	-0,11
Смещ. по Сагиттали, мм	<b>-0,29**</b>	-0,11	<b>-0,38*</b>	<b>0,22**</b>	-0,15	0,04	0,37	<b>-0,42**</b>
Девияция во фронт. плоск., мм	<b>-0,27*</b>	-0,01	-0,15	0,16	0,08	0,12	-0,12	-0,2
Девияция в сагитт. плоск., мм	<b>-0,42**</b>	-0,01	<b>-0,43*</b>	<b>0,4***</b>	0,008	0,02	0,11	<b>-0,42**</b>
Скорость перемещ. ЦД, мм/сек	0,25	0,18	0,19	0,13	0,14	0,27	<b>0,32*</b>	0,24
Площадь статокинезиограммы, мм <sup>2</sup>	0,22	0,34	0,1	0,21	<b>0,33*</b>	<b>0,4**</b>	<b>0,37**</b>	0,27

Примечания:

1) приведены коэффициенты корреляции Спирмена  $r$  или гамма-корреляции  $g$ ;

2) Корреляционные связи статистически значимы при значениях  $p^* < 0,05$ ,  $** < 0,01$ ,  $*** < 0,001$ .

**Таблица 5.** Лабораторные показатели кальций-фосфорного обмена и костного ремоделирования в исследуемой группе и группе сравнения

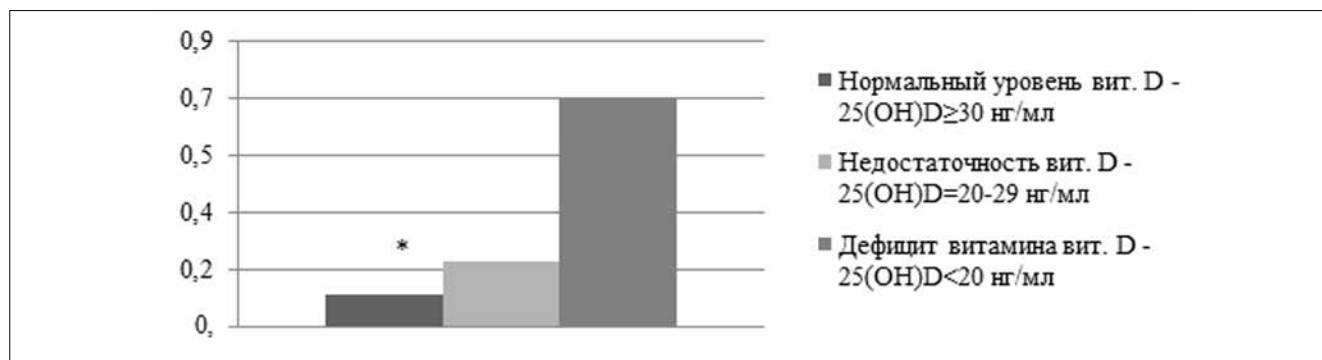
Показатели	Исследуемая группа	Группа сравнения	P
25(OH)D <sub>3</sub> (нг/мл)	27,8±17,94	26,00±11,24	>0,10
Паратиреоидный гормон, пмоль/л	58,87±39,8	61,02±25,64	>0,10
СТх, нг/мл	0,43±0,23	0,5±0,2	>0,10
<b>Кальций общий, ммоль/л</b>	<b>2,43±0,14</b>	<b>2,15±0,39</b>	<b>&lt;0,005</b>
Фосфор неорг., ммоль/л	1,14±0,2	1,25±0,5	>0,10
Щелочная фосфатаза, Ед/л	75,20 ± 26,27	77,12±30,17	>0,10
% пациентов с нормальным уровнем 25(OH)D <sub>3</sub> (≥30 нг/мл)	45%	40%	>0,10

Также была обнаружена взаимосвязь между показателями стабиллометрии и состава тела. В частности, выявлена прямые связи скорости перемещения ЦД с массой мышечной ткани ( $p=0,04$ ), мягких тканей ( $p=0,01$ ) и жировой ткани ( $p=0,03$ ), а также площади статокинезиограммы с массой мягких тканей ( $p=0,01$ ). С минеральной массой скелета прямо коррелировала КР с открытыми и закрытыми глазами ( $p=0,04$ ) и отрицательно – степень смещения в сагиттальной плоскости ( $p=0,001$ ). Смещение и девиация в сагиттальной плоскости зависели от степени тяжести ОП – как от уровня МПК в позвоночном сегменте L1-L4, так и от количества остеопорозных ПП. С количеств

ом ПП коррелировала также степень смещения пациента по данным теста Фукуды ( $p=0,04$ , табл. 4).

Сравнительный анализ биохимических показателей кальций-фосфорного и костного обмена не выявил значимых различий между группами, за исключением более высокого уровня кальция в исследуемой группе (табл. 5).

Не выявлено статистически значимых связей между показателями стабиллометрии и функциональных тестов, с одной стороны, и исследуемыми лабораторными показателями, с другой, кроме корреляции между уровнем 25(OH)D в сыворотке крови и временем удержания равновесия в тесте «Стойка на одной ноге» с от



**Рис. 1.** Величина девиации в сагиттальной плоскости (мм) в зависимости от уровня витамина D (\* $p=0,04$  в сравнении с лицами с нормальным уровнем 25(OH)D в сыворотке крови).

крытыми ( $R=0,25$ ;  $p=0,01$ ) и закрытыми глазами ( $R=0,24$ ;  $p=0,04$ ). Кроме того, величина девиации в сагиттальной плоскости по данным стабилотрии была достоверно выше в группе дефицита витамина D, в сравнении с лицами с нормальным уровнем 25(OH)D в сыворотке крови ( $p=0,04$ , рис.1).

### Обсуждение

Результаты исследования показали, что у пациентов с ПП, в сравнении с пациентами с ОП такого же возраста и массы тела без патологических переломов, имеют более низкий саркопенический индекс, массу и процент содержания жировой ткани, а также минеральную массу скелета при сравнимой общей массе мягких тканей и тощей массе. Как известно, дефицит массы тела, жировой ткани и саркопения – важнейшие факторы риска падений и переломов. Эти данные подтверждаются корреляционным анализом, показавшим, что низкая масса тела отрицательно влияет на результаты стабилотрии.

На основании полученных нами данных можно заключить, что у пациентов с ПП отмечается нарушение как статического, так и динамического равновесия, о чем свидетельствует ухудшение показателей стабилотрии и функциональных тестов на оценку баланса. Несмотря на это, до начала тестирования сами пациенты не отмечали у себя проблем с координацией и лишь немногие имели падения в анамнезе. В исследовании T.Haines et al. (2008) было показано, что для женщин с ОП в целом характерна слабость мышц нижних конечностей, которая приводила к неустойчивости походки [16]. Авторы установили, что у пациенток с ОП происходит смещение центра тяжести либо вбок, либо вперед, они склонны «заваливаться» набок или вперед, что служит причиной неправильного распределения веса, плохой устойчивости и потери равновесия [16], что согласуется с данными нашего исследования.

Смещение ЦД вперед у пациентов с ПП может быть обусловлено формированием патологического грудного гиперкифоза. Ряд исследований говорит о том, что само наличие кифоза приводит к постуральным нарушениям [17], которые прогрессируют с увеличением угла кифоза [18]. Кроме того, согласно мнению ряда авторов [1], девиация ЦД может быть связана с выраженной слабостью мышц стабилизационной системы позвоночника.

Результаты нашей работы подтверждают связь координационных нарушений у пациентов с ПП на фоне ОП с возрастом. Известно, что проблемы с балансом у пожилых людей связаны с возрастными дегенеративными изменениями. Эти изменения затрагивают мышечную систему, структуры внутреннего уха и периферические

нервы, из-за чего слабеют мышцы, нарушается пространственная ориентация, страдает проприоцептивная чувствительность [1,19–20]. Кроме того, нарушение функции баланса при ОП, очевидно связано с количеством перенесенных ПП, дефицитом массы тела, низкой МПК и минеральной массой скелета, а также с наличием дефицита витамина D, который является доказанным фактором риска падений у пожилых людей [21,22].

Выявленный при сравнительном анализе лабораторных показателей более высокий уровень кальцеирии в исследуемой группе можно объяснить фактором иммобилизации после перенесенного ПП, что приводит к активной резорбции кальция из костной ткани.

Проведенный анализ позволяет сделать вывод, что оценка баланса с помощью стабилотрии и теста Фукуды может широко использоваться для оценки риска падений у лиц с ПП [14, 23], в то время как результаты теста «Стойка на одной ноге» не специфичны и зависят преимущественно от возраста.

В целом, выявленные нарушения координации у пациентов с ПП свидетельствует о высоком риске падений. Это тем более значимо, что пациенты, перенесшие патологические позвоночные переломы, имеют более высокий абсолютный риск новых переломов, чем больные с неосложненным ОП (табл. 1). Полученные данные свидетельствуют о необходимости введения в программы реабилитации пациентов с остеопорозными ПП комплексов физических упражнений, механо- и физиотерапии, направленных на улучшение статического и динамического равновесия [24–26].

### Выводы:

1. Пациенты с ПП на фоне ОП, в сравнении с пациентами с ОП такого же возраста без патологических переломов, имеют более низкий саркопенический индекс, массу и процент содержания жировой ткани, а также минеральную массу скелета при сравнимой общей массе мягких тканей и тощей массе.
2. У пациентов с ПП отмечаются ухудшение показателей стабилотрии и функциональных тестов на оценку баланса, что свидетельствует о нарушении координационных способностей и функции, как статического, так и динамического равновесия.
3. Возраст, низкая масса тела, количество ПП и дефицит витамина D – основные факторы, ассоциированные с нарушениями координации у пациентов с ОП.
4. Стабилотрия и тест Фукуды – наиболее информативные инструменты для оценки координационных нарушений у пациентов с ПП.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

- Peterka RJ, Black FO (1990–91) Age-related changes in human posture control: sensory organization tests. *J Vestib Res* 1:73–854
- WHO. Falls fact sheet. <http://www.who.int/mediacentre/factsheets/fs344/en/> (updated sept 2016).
- Лесняк О.М. Падения как важная составная часть проблемы переломов у пожилых людей // «РМЖ» №17 от 05.08.2008
- Susan C Slade, David L Carey, Anne-Marie Hill, Meg E Morris. Effects of falls prevention interventions on falls outcomes for hospitalised adults: protocol for a systematic review with meta-analysis. *BMJ Open*. 2017; 7(11): e017864. doi: 10.1136/bmjopen-2017-017864 PMID: 29133324
- Wei-Li Hsu a,b, Chao-Yin Chen b, Jau-Yih Tsauo a,b, Rong-Sen Yang c, Balance control in elderly people with osteoporosis // *Journal of the Formosan Medical Association* (2014) 113, 334–339
- Elena Volpi, Reza Nazemi, and Satoshi Fujita. Muscle tissue changes with aging. *Curr Opin Clin Nutr Metab Care*. 2004 Jul; 7(4): 405–410. PMID: PMC2804956 NIHMSID: NIHMS131937
- Parreira PCS, Maher CG, Megale RZ. An overview of clinical guidelines for the management of vertebral compression fracture: a systematic review. *Spine J*. 2017 Dec;17(12):1932–1938. doi: 10.1016/j.spinee.2017.07.174.
- Марченкова Л.А., Прохорова Е.А., Древал А.В., Полякова Е.Ю., Петухова Н.Ю., Вишнякова М.В. Влияние постменопаузального остеопороза и субклинических компрессионных переломов позвонков на качество жизни женщин в постменопаузе // *Альманах клинической медицины*. 2014. № 32. С. 43–49.
- Прохорова Е.А., Древал А.В., Марченкова Л.А. Взаимосвязь остеопороза со снижением качества жизни и психоэмоциональными нарушениями // *Российский медицинский журнал*. 2012. № 4. С. 50–53.
- Марченкова Л.А. Постменопаузальный остеопороз как медико-социальная и экономическая проблема XXI в. // *Фарматека*. 2015. № 54. С. 13–21.
- Мельниченко Г.А., Белая Ж.Е., Рожинская Л.Я., Торопцова Н.В., Алексеева Л.И., Бирюкова Е.В., Гребенникова Т.А., Дзеранова Л.К., Древал А.В., Загородний Н.В., Ильин А.В., Крюкова И.В., Лесняк О.М., Мамедова Е.О., Никитинская О.А., Пигарова Е.А., Родионова С.С., Скрипникова И.А., Тарбаева Н.В., Фарба Л.Я., Цориев Т.Т., Чернова Т.О., Юренина С.В., Якушевская О.В., Дедов И.И. Федеральные клинические рекомендации по диагностике, лечению и профилактике остеопороза. // *Проблемы эндокринологии*. 2017. Т. 63. №6. С. 392–426. doi: 10.14341/probl2017636392–426
- H. K. Genant, C. Y. Wu, C. van Kuijk, and M. C. Nevitt. Vertebral fracture assessment using a semiquantitative technique. *Journal of Bone and Mineral Research* 8, pp. 1137–1148, Sep 1993. *Proc. of SPIE Vol. 6512* 651219–8
- Гроховский С.С., Кубряк О.В., Филатов И.А. Архитектура сетевых медицинских систем для оценки функции равновесия (стабилометрия) и комплексной оценки состояния человека // Информационно-измерительные и управляющие системы, издательство Радиотехника (М.), том 9, № 12, с. 68–74.
- Панкова И.А., Кривошей И.В., Кубряк О.В. Меры повышения эффективности управления процессом реабилитации с использованием стабиллоплатформы // *Кремлевская медицина. Клинический вестник*, том 2, № 4, с. 153–156
- Еремушкин М.А. Двигательная активность и здоровье. От лечебной гимнастики до паркура. «Спорт» – 2016 г. 240 стр.
- Haines T., Kuys S.S., Morrison G., et al. Balance impairment not predictive of falls in geriatric rehabilitation wards. *J. Gerontol. Biol. Sci. Med. Sci*. 2008;63:523–28. Doi: 10.1093/gerona/63.5.523.
- Abreu DC, Trevisan DC, Costa GC, Vasconcelos FM, Gomes MM, Carneiro AA. The association between osteoporosis and static balance in elderly women // *Osteoporosis international*. — 2010. — Vol. 21. — No 9. — P. 1487–1491.
- Mendy A., Vieira ER, Albatineh AN, Nnadi AK, Lowry D, Gasana J. Low bone mineral density is associated with balance and hearing impairments // *Annals of Epidemiology Volume 24, Issue 1, January 2014, Pages 58–62*
- Nguyen Vu H. Osteoporosis prevention and osteoporosis exercise in community-based public health programs // *Osteoporosis and Sarcopenia* 3 (2017) 18e31
- Staggs V.S., Mion L.C., Shorr R.I. Assisted and unassisted falls: different events, different outcomes, different implications for quality of hospital care. *Jt. Comm. J. Qual. Patient. Saf.* 2014;40:358–64. Doi:10.1016/S1553–7250(14)40047–3.
- Марченкова Л.А. Современные рекомендации и стандарты по диагностике дефицита витамина D и его лечению // *Современные алгоритмы диагностики и лечения нейроэндокринных заболеваний по материалам 97-й Ежегодной конференции Американского общества эндокринологов (ENDO 2015) и Европейского эндокринологического конгресса: материалы Областной междисциплинарной научно-практической конференции*. 2015. С. 17–19.
- Марченкова Л.А. Патогенетическое обоснование применения альфакальцидола для лечения остеопороза при некоторых эндокринных заболеваниях // *Эффективная фармакотерапия*. 2015. № 46. С. 20–27.
- Кубряк О. В., Гроховский С. С., Добродородный А. В. Исследование опорных реакций человека (постурография, стабиллометрия) и биологическая обратная связь в программе STPL. // *Мера-ТСП*. Москва, 2018. — 121 с.
- Марченкова Л.А., Макарова Е.В., Еремушкин М.А. Медицинская реабилитация пациентов с остеопорозом, осложненным переломами. // *Москва – ООО «Торус Пресс»* 113 с.
- Макарова Е.В., Марченкова Л.А., Еремушкин М.А., Стяжкина Е.М., Чесникова Е.И., Новиков А.В. Эффективность тренировок глубокой стабилизационной системы позвоночника у пациентов с компрессионными переломами позвонков на фоне остеопороза // *Травма 2018: мультидисциплинарный подход сборник тезисов Международной конференции. Российский национальный исследовательский медицинский университет им. Н. И. Пирогова*. 2018. С. 180–181.
- Марченкова Л.А., Макарова Е.В. Эффективные возможности профилактики падений и переломов у пациентов с остеопорозом: фокус на комплексный подход // *Фарматека*. 2018. № 52. С. 6–11.

## REFERENCES:

- Peterka RJ, Black FO (1990–91) Age-related changes in human posture control: sensory organization tests. *J Vestib Res* 1:73–854
- WHO. Falls fact sheet. <http://www.who.int/mediacentre/factsheets/fs344/en/> (updated sept 2016).
- Lesnyak O.M. Padeniya kak vazhnaya sostavnaya chast' problemy perelomov u pozhilykh lyudej // «RMZH» №17 от 05.08.2008
- Susan C Slade, David L Carey, Anne-Marie Hill, Meg E Morris. Effects of falls prevention interventions on falls outcomes for hospitalised adults: protocol for a systematic review with meta-analysis. *BMJ Open*. 2017; 7(11): e017864. doi: 10.1136/bmjopen-2017-017864 PMID: 29133324
- Wei-Li Hsu a,b, Chao-Yin Chen b, Jau-Yih Tsauo a,b, Rong-Sen Yang c, Balance control in elderly people with osteoporosis // *Journal of the Formosan Medical Association* (2014) 113, 334–339
- Elena Volpi, Reza Nazemi, and Satoshi Fujita. Muscle tissue changes with aging. *Curr Opin Clin Nutr Metab Care*. 2004 Jul; 7(4): 405–410. PMID: PMC2804956 NIHMSID: NIHMS131937
- Parreira PCS, Maher CG, Megale RZ. An overview of clinical guidelines for the management of vertebral compression fracture: a systematic review. *Spine J*. 2017 Dec;17(12):1932–1938. doi: 10.1016/j.spinee.2017.07.174.
- Marchenkova L.A., Prohorova E.A., Dreval A.V., Polyakova E.YU., Petuhova N.YU., Vishnyakova M.V. Vliyaniye postmenopauzal'nogo osteoporozha i subklinicheskikh kompressionnykh perelomov pozvonkov na kachestvo zhizni zhenshchin v postmenopauze // *Al'manah klinicheskoy mediciny*. 2014. № 32. С. 43–49.
- Prohorova E.A., Dreval A.V., Marchenkova L.A. Vzaïmosvyaz' osteoporozha so snizheniem kachestva zhizni i psikoehmocial'nymi narusheniyami // *Rossiyskij medicinskij zhurnal*. 2012. № 4. С. 50–53.

10. Marchenkova L.A. Postmenopausal osteoporosis as a medico-social and economic problem XXI century. // *Farmateka*. 2015. № 54. S. 13–21.
11. Mel'nichenko G.A., Belaya ZH.E., Rozhinskaya L.YA., Toropova N.V., Alekseeva L.I., Biryukova E.V., Grebennikova T.A., Dzeranova L.K., Dreval' A.V., Zagorodnij N.V., Il'in A.V., Kryukova I.V., Lesnyak O.M., Mamedova E.O., Nikitinskaya O.A., Pigarova E.A., Rodionova S.S., Skripnikova I.A., Tarbaeva N.V., Farba L.YA., Coriev T.T., Chernova T.O., YUreva S.V., YAKushevskaya O.V., Dedov I.I. Federal'nye klinicheskie rekomendacii po diagnostike, lecheniyu i profilaktike osteoporoza. // *Problemy ehndokrinologii*. 2017. T. 63. №6. S. 392–426. doi: 10.14341/probl2017636392-426
12. H. K. Genant, C. Y. Wu, C. van Kuijk, and M. C. Nevitt. Vertebral fracture assessment using a semiquantitative technique. *Journal of Bone and Mineral Research* 8, pp. 1137–1148, Sep 1993. Proc. of SPIE Vol. 6512 651219–8
13. Grohovskij S.S., Kubryak O.V., Filatov I.A. Arhitektura setevykh medicinskih sistem dlya ocenki funkcii ravnovesiya (stabilometriya) i kompleksnoj ocenki sostoyaniya cheloveka // *Informacionno-izmeritel'nye i upravlyayushchie sistemy, izdatel'stvo Radiotekhnika (M.)*, tom 9, № 12, s. 68–74.
14. Pankova I.A., Krivoshej I.V., Kubryak O.V. Mery povysheniya ehffektivnosti upravleniya processom reabilitacii s ispol'zovaniem stabiloplatformy // *Kremlevskaya medicina. Klinicheskij vestnik*, tom 2, № 4, s. 153–156
15. Eremushkin M.A. Dvigatel'naya aktivnost' i zdorov'e. Ot lechebnoj gimnastiki do parkura. «Sport» – 2016 g. 240 str.
16. Haines T., Kuys S.S., Morrison G., et al. Balance impairment not predictive of falls in geriatric rehabilitation wards. *J. Gerontol. Biol. Sci. Med. Sci.* 2008;63:523–28. Doi: 10.1093/gerona/63.5.523.
17. Abreu DC, Trevisan DC, Costa GC, Vasconcelos FM, Gomes MM, Carneiro AA. The association between osteoporosis and static balance in elderly women // *Osteoporosis international*. — 2010. — Vol. 21. — No 9. — R. 1487–1491.
18. Mendy A., Vieira ER, Albatineh AN, Nnadi AK, Lowry D, Gasana J. Low bone mineral density is associated with balance and hearing impairments // *Annals of Epidemiology Volume 24, Issue 1, January 2014, Pages 58–62*
19. Nguyen Vu H. Osteoporosis prevention and osteoporosis exercise in community-based public health programs // *Osteoporosis and Sarcopenia* 3 (2017) 18e31
20. Staggs V.S., Mion L.C., Shorr R.I. Assisted and unassisted falls: different events, different outcomes, different implications for quality of hospital care. *Jt. Comm. J. Qual. Patient.* 2014;40:358–64. Doi:10.1016/S1553-7250(14)40047-3.
21. Marchenkova L.A. Sovremennye rekomendacii i standarty po diagnostike deficita vitamina D i ego lecheniyu // *Sovremennye algoritmy diagnostiki i lecheniya nejroehndokrinnykh zabolevanij po materialam 97-j Ezhegodnoj konferencii Amerikanskogo obshchestva ehndokrinologov (ENDO 2015) i Evropejskogo ehndokrinologicheskogo kongressa : materialy Oblastnoj mezhdisciplinarnoj nauchno-prakticheskoy konferencii*. 2015. S. 17–19.
22. Marchenkova L.A. Patogeneticheskoe obosnovanie primeneniya al'fakal'cidola dlya lecheniya osteoporoza pri nekotorykh ehndokrinnykh zabolevaniyah // *Ehffektivnaya farmakoterapiya*. 2015. № 46. S. 20–27.
23. Kubryak O.V., Grohovskij S.S., Dobrorodnyj A.V. Issledovanie opornykh reakcij cheloveka (posturografiya, stabilometriya) i biologicheskaya obratnaya svyaz' v programme STPL. // *Mera-TSP. Moskva*, 2018. — 121 s.
24. Marchenkova L.A., Makarova E.V., Eremushkin M.A. Medicinskaya reabilitaciya pacientov s osteoporozom, oslozhnennym perelomami. // *Moskva – OOO «Torus Press»* 113 s.
25. Makarova E.V., Marchenkova L.A., Eremushkin M.A., Styazhkina E.M., Chesnikova E.I., Novikov A.V. Ehffektivnost' trenirovok glubokoj stabilizacionnoj sistemy pozvonochnika u pacientov s kompressionnymi perelomami pozvonkov na fone osteoporoza // *Travma 2018: mul'tidisciplinarnyj podhod sbornik tezisov Mezhdunarodnoj konferencii. Rossijskij nacional'nyj issledovatel'skij medicinskij universitet im. N. I. Pirogova*. 2018. S. 180–181.
26. Marchenkova L.A., Makarova E.V. Ehffektivnye vozmozhnosti profilaktiki padenij i perelomov u pacientov s osteoporozom: fokus na kompleksnyj podhod // *Farmateka*. 2018. № 52. S. 6–11.

## РЕЗЮМЕ

**Цель исследования:** изучить особенности нарушений координационных способностей и определить ассоциированные с ними факторы риска у пациентов с системным остеопорозом (ОП), осложненным патологическими компрессионными переломами позвонков (ПП). **Материал и методы.** Исследуемую группу составили 60 пациентов в возрасте  $65,43 \pm 7,12$  лет с ПП на фоне системного ОП. В группу сравнения вошли 30 человек в возрасте  $61,97 \pm 5,22$  лет с неосложненным ОП. Методы исследования включали в себя стабилometriю, функциональные тесты и оценку лабораторных показателей.

**Результаты.** Пациенты с ПП характеризовались более низким скелетно-мышечным индексом Баумгартена ( $p=0,02$ ), меньшей массой и процентом содержания жировой ткани ( $p=0,01$  и  $p=0,001$ , соответственно). По данным стабилometriи, в исследуемой группе выявлен более низкий коэффициент равновесия при открытых ( $p=0,000$ ) и закрытых глазах ( $p=0,03$ ), большее смещение и большая девиацией в сагиттальной плоскости ( $p=0,01$  и  $p=0,025$ ), более низкая скорость перемещения центра давления ( $p=0,01$ ), по сравнению с пациентами с неосложненным ОП. Пациенты в исследуемой группе хуже поддерживали равновесие на левой ноге с открытыми ( $p=0,05$ ) и закрытыми глазами ( $p=0,05$ ) при проведении теста «Стойка на одной ноге», а также сильнее отклонялись в сторону при проведении теста Фукуды ( $p=0,02$ ). Обнаружены достоверные корреляции результатов стабилometriи и функциональных тестов с возрастом, ИМТ, количеством ПП, минеральной плотностью кости и уровнем 25(OH)D в сыворотке крови. **Выводы:** У пациентов с ПП на фоне ОП, в сравнении с пациентами с ОП такого же возраста без патологических переломов, отмечаются более низкий саркопенический индекс, массу и процент содержания жировой ткани, минеральную массу скелета при сравнимой общей массе мягких тканей и тощей массе, а также нарушение функции статического и динамического равновесия. Возраст, низкая масса тела, количество ПП и дефицит витамина D – основные факторы, ассоциированные с нарушениями координации у пациентов с ОП.

**Ключевые слова:** остеопороз, переломы позвонков, координация, баланс, падения, реабилитация, поструральные нарушения.

## ABSTRACT

The aim of our study was to evaluate coordination disorders and identify associated risk factors in patients with osteoporosis (OP) with vertebral compression fractures (VF). The study group consisted of 60 people aged  $65.43 \pm 7.12$  years with osteoporotic VF. The control group included 30 people aged  $61.97 \pm 5.22$  years with OP without VF. Bone mineral density

and body composition assessment was performed by dual-energy absorptiometry, coordination abilities were assessed using stabilometry, functional tests, level 25 (OH) D3 was evaluated. In patients with VFs coordination abilities were lower than in individuals without fractures: according to stabilometry, a lower balance coefficient was found with open (p = 0.000) and closed eyes (p=0.03), a greater displacement and greater medio-lateral deviation (p=0.01 and p=0.025), lower speed of center of pressure (CP) displacement (p=0.01). Patients in the main group maintained poor balance standing on left leg with open (p=0.05) and closed eyes (p = 0.05) in One-leg-standing test, and also had significant deviation to the side in Fukuuda-Unterberger test (p=0.02). Conclusions: 1) OP, regardless of the presence of VF, leads to poor coordination abilities. 2) The functions of static and dynamic balance suffer, a shift in the center of gravity is observed. 3) The presence of VFs in OP leads to a more pronounced decrease in patient coordination abilities. 4) Multiple VFs, advanced age, low body weight, duration of menopause, a decrease in the level of 25 (OH) D3 – factors associated with impaired coordination in patients with OP.

**Keywords:** osteoporosis, vertebral fractures, coordination, balance, falls, rehabilitation, postural disorders.

---

---

**Контакты:**

**Макарова Екатерина Владимировна.** E-mail: rue-royal@inbox.ru