УДК: 612.014:612.015:612.017

ИНСТРУМЕНТАЛЬНЫЕ И ЛАБОРАТОРНЫЕ ПОДХОДЫ К ИЗУЧЕНИЮ МОРФОФУНКЦИОНАЛЬНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК КОСТНОЙ ТКАНИ

Мавлянов З.И.[1], Рахматова М.Р.[2], Жалалова В.З.[2], Жумаева Г. А.[3]
[1]Наманганский филиал Центра развития профессиональных квалификаций медицинских работников.
[2]Бухарский государственный медицинский институт.
[3]Университет Аль-Фраганус, Узбекистан.

INSTRUMENTAL AND LABORATORY APPROACHES TO THE STUDY OF MORPHOFUNCTIONAL CHARACTERISTICS OF BONE TISSUE

Mavlyanov Z.I.[1], Rakhmatova M.R.[2], Jalalova V.Z.[2], Jumayeva G.A.[3]
[1]Namangan Branch of the Center for Professional Qualifications Development of Medical Workers,
[2]Bukhara State Medical Institute,
[3]Al-Fraganus University, Uzbekistan.

SUYAK TO‘QIMASINING MORFOFUNKSIONAL XUSUSIYATLARINI O‘RGANISHNING INSTRUMENTAL VA LABORATORIYA YONDASHUVLARI

Mavlyanov Z.I.[1], Raxmatova M.R.[2], Jalalova V.Z.[2], Jumayeva G.A.[3]
[1]Tibbiyot xodimlarining professional malakasini rivojlantirish markazining Namangan filiali,
[2]Buxoro Davlat Tibbiyot Instituti,
[3]Al-Fraganus Universiteti, O‘zbekiston.

Резюме. *Целью настоящего исследования явилось изучение современных инструментальных и лабораторных методов оценки морфофункциональных характеристик костной ткани. Проведен анализ диагностических возможностей лучевых методов визуализации, денситометрии, морфометрических и биохимических исследований. Рассмотрены показатели минеральной плотности костной ткани, маркеры костного ремоделирования и структурные параметры костной архитектоники. Оценена информативность комплексного подхода в диагностике остеопении, остеопороза и других метаболических заболеваний скелета. Установлено, что сочетание инструментальных и лабораторных методов повышает точность ранней диагностики и мониторинга эффективности терапии. Полученные результаты подтверждают необходимость междисциплинарного подхода при оценке состояния костной ткани.*
Ключевые слова: *костная ткань, морфофункциональные характеристики, денситометрия, костное ремоделирование, маркеры костного обмена, диагностика, остеопороз.*

Annotation. *The aim of this study was to investigate modern instrumental and laboratory methods for assessing the morphofunctional characteristics of bone tissue. The diagnostic potential of imaging techniques, densitometry, morphometric and biochemical analyses was evaluated. Indicators of bone mineral density, markers of bone remodeling, and structural parameters of bone architectonics were analyzed. The effectiveness of an integrated approach in the diagnosis of osteopenia, osteoporosis, and other metabolic bone diseases was assessed. It was established that the combination of instrumental and laboratory methods improves the accuracy of early diagnosis and therapeutic monitoring. The findings confirm the importance of an interdisciplinary approach in the evaluation of bone tissue status.*
Keywords: *bone tissue, morphofunctional characteristics, densitometry, bone remodeling, bone turnover markers, diagnostics, osteoporosis.*

Annotatsiya. *Mazkur tadqiqotning maqsadi suyak to‘qimasining morfofunksional xususiyatlarini baholashda zamonaviy instrumental va laboratoriya usullarini o‘rganishdan iborat. Tasvirlash usullari, densitometriya, morfometrik va biokimyoviy tahlillarning diagnostik imkoniyatlari ko‘rib chiqildi. Suyak mineral zichligi ko‘rsatkichlari, suyak remodellanishi markerlari hamda suyak arxitektonikasining tuzilma parametrlari tahlil qilindi. Kompleks yondashuvning osteopeniya, osteoporoz va boshqa metabolik suyak kasalliklarini aniqlashdagi ahamiyati baholandi. Instrumental va laboratoriya usullarini birgalikda qo‘llash erta diagnostika va davolash samaradorligini monitoring qilish aniqligini oshirishi aniqlandi. Olingan natijalar suyak to‘qimasi holatini baholashda multidisiplinar yondashuv zarurligini tasdiqlaydi.*
Kalit so‘zlar: *suyak to‘qimasi, morfofunksional xususiyatlar, densitometriya, suyak remodellanishi, suyak almashinuvi markerlari, diagnostika, osteoporoz.*

Актуальность. Заболевания костной ткани, в частности остеопороз, остеопения и другие метаболические нарушения скелета, представляют собой одну из наиболее значимых медико-социальных проблем современного здравоохранения. По данным международных исследований, распространённость остеопороза неуклонно возрастает, особенно среди лиц старших возрастных групп, что связано с увеличением продолжительности жизни населения [1; 8; 10; 13]. Снижение минеральной плотности костной ткани и нарушение её микроархитектоники приводят к повышенной хрупкости костей и риску переломов, что существенно ухудшает качество жизни пациентов, увеличивает инвалидизацию и смертность [4;7;9;11].

Особую значимость проблема приобретает в связи с ростом факторов риска, таких как гиподинамия, несбалансированное питание, дефицит витамина D, эндокринные нарушения и длительное применение ряда лекарственных средств [3; 5; 12; 14]. При этом клинические проявления костной патологии на ранних

стадиях часто малосимптомны или отсутствуют, что затрудняет своевременную диагностику и начало профилактических мероприятий.

В современных условиях особую роль приобретает комплексная оценка морфофункционального состояния костной ткани с использованием высокоточных инструментальных методов (денситометрия, лучевые методы визуализации) в сочетании с лабораторным определением маркеров костного ремоделирования. Такой подход позволяет выявлять патологические изменения на доклиническом этапе, оценивать скорость костного обмена и контролировать эффективность проводимой терапии [2; 6; 13; 15].

Таким образом, совершенствование и внедрение современных инструментальных и лабораторных подходов к изучению морфофункциональных характеристик костной ткани является актуальной задачей клинической медицины, направленной на раннюю диагностику, профилактику осложнений и снижение социально-экономических последствий заболеваний костной системы.

Цель исследования. Целью настоящего исследования является комплексное изучение морфофункциональных характеристик костной ткани на основе современных инструментальных и лабораторных методов диагностики, а также оценка их диагностической и прогностической значимости при различных нарушениях костного метаболизма.

В рамках поставленной цели предполагается: проанализировать информативность инструментальных методов исследования (денситометрии, лучевых методов визуализации, морфометрических технологий) в оценке минеральной плотности и структурной организации костной ткани; определить диагностическую ценность лабораторных маркеров костного ремоделирования и минерального обмена; установить взаимосвязь между показателями инструментальных и биохимических исследований; оценить возможности раннего выявления патологических изменений костной ткани на доклиническом этапе; обосновать целесообразность комплексного междисциплинарного подхода к диагностике и мониторингу заболеваний костной системы.

Реализация поставленной цели направлена на повышение эффективности ранней диагностики, оптимизацию профилактических мероприятий и улучшение качества медицинской помощи пациентам с нарушениями костного обмена.

Материалы и методы исследования. Исследование выполнено на базе специализированного клинико-диагностического учреждения. В работу включены пациенты с подозрением на нарушения костного метаболизма, а также лица контрольной группы без клинико-инструментальных признаков патологии костной ткани. Формирование выборки осуществлялось с учетом возраста, пола, индекса массы тела, клинического анамнеза и наличия факторов риска развития остеопороза. Всем обследуемым проведено комплексное клинико-инструментальное и лабораторное обследование.

Инструментальные методы исследования

Двухэнергетическая рентгеновская абсорбциометрия (DXA) — для определения минеральной плотности костной ткани (МПКТ) в области поясничного отдела позвоночника и проксимального отдела бедренной кости с расчетом T- и Z-критериев.

Рентгенография — для выявления структурных изменений, деформаций и признаков компрессионных переломов.

Ультразвуковая денситометрия (по показаниям) — в качестве скринингового метода оценки состояния костной ткани.

Биоимпедансметрия — для оценки компонентного состава тела (жировой, мышечной и костной массы, общего содержания воды), индекса массы тела и уровня висцерального жира. Полученные данные использовались для анализа взаимосвязи между составом тела и показателями минеральной плотности костной ткани.

Лабораторные методы исследования:

1. Определение уровня общего и ионизированного кальция, фосфора, магния и щелочной фосфатазы в сыворотке крови; Исследование концентрации 25(OH) витамина D;

2. Определение маркеров костного ремоделирования (остеокальцин, С-концевой телопептид коллагена I типа (CTX), проколлаген I типа N-концевой пропептид (P1NP));

3. Оценка гормонального профиля (паратгормон, тиреотропный гормон, по показаниям — половые гормоны).

Статистическая обработка данных проводилась с использованием методов вариационной статистики. Рассчитывались средние значения (M), стандартные отклонения (SD), достоверность различий между группами оценивалась с применением t-критерия Стьюдента или непараметрических методов. Корреляционный анализ (коэффициент Пирсона или Спирмена) использовался для выявления взаимосвязей между показателями биоимпедансметрии, денситометрии и лабораторных маркеров.

Комплексное применение инструментальных, лабораторных и биоимпедансных методов позволило всесторонне оценить морфофункциональное состояние костной ткани и определить факторы, влияющие на её метаболизм и структурную организацию.

Результаты и обсуждение. В результате проведённого комплексного обследования установлены существенные различия между основной и контрольной группами по показателям минеральной плотности костной ткани (МПКТ), параметрам компонентного состава тела и биохимическим маркерам костного ремоделирования.

По данным двухэнергетической рентгеновской абсорбциометрии (DXA) у пациентов основной группы выявлено достоверное снижение МПКТ в области поясничного отдела позвоночника (L1–L4) и проксимального отдела бедренной кости. Средние значения T-критерия соответствовали остеопеническому диапазону, а у части обследуемых — остеопорозу. В контрольной группе показатели МПКТ находились в пределах возрастной нормы. Наиболее выраженное снижение костной массы отмечалось у лиц старших возрастных категорий и у пациентов с наличием нескольких факторов риска (гиподинамия, дефицит витамина D, постменопаузальный период).

Рентгенологическое исследование позволило выявить начальные признаки структурной перестройки костной ткани: усиление трабекулярной прозрачности, истончение кортикального слоя, а в ряде случаев — признаки компрессионной деформации тел позвонков. Следует отметить, что рентгенография обладала меньшей чувствительностью на ранних стадиях по сравнению с DXA, что подтверждает её вспомогательный характер

при скрининге.

Результаты биоимпедансметрии продемонстрировали статистически значимые изменения компонентного состава тела у пациентов с пониженной МПКТ. Отмечалось снижение скелетно-мышечной массы и увеличение процента жировой ткани, особенно висцерального жира. Корреляционный анализ выявил положительную связь средней силы между показателями мышечной массы и МПКТ (r>0,4), что свидетельствует о тесной функциональной взаимосвязи мышечной и костной систем. Установленная отрицательная корреляция между уровнем висцерального жира и показателями МПКТ указывает на возможное неблагоприятное влияние метаболических факторов на состояние костной ткани. Полученные данные подтверждают концепцию «мышечно-костного взаимодействия» и подчёркивают значимость оценки состава тела при диагностике остеопении и остеопороза.

Лабораторные исследования выявили нарушения минерального обмена и процессов костного ремоделирования у значительной части пациентов основной группы. Уровень 25(OH) витамина D был снижен у большинства обследуемых, что сопровождалось компенсаторным повышением уровня паратгормона. Данный факт свидетельствует о развитии вторичного гиперпаратиреоза, способствующего усилению костной резорбции. Повышенные значения С-концевого телопептида коллагена I типа (CTX) указывали на активацию процессов разрушения костной ткани, тогда как уровни остеокальцина и P1NP отражали интенсивность костеобразования. У пациентов с выраженным снижением МПКТ отмечалось преобладание маркеров резорбции над маркерами формирования кости, что подтверждает дисбаланс костного ремоделирования.

Сравнительный анализ показал, что на ранних этапах патологического процесса изменения лабораторных показателей могут предшествовать значимому снижению МПКТ, выявляемому при денситометрии. Это подчёркивает высокую прогностическую ценность маркеров костного обмена для ранней диагностики и мониторинга динамики заболевания. В то же время только лабораторные показатели без инструментального подтверждения не позволяют объективно оценить степень потери костной массы, что обосновывает необходимость комплексного подхода.

Особого внимания заслуживает выявленная взаимосвязь между показателями биоимпедансметрии и биохимическими маркерами. У пациентов с саркопеническими изменениями регистрировались более высокие уровни маркеров костной резорбции, что может свидетельствовать о едином патогенетическом механизме возрастных инволютивных изменений. Таким образом, сочетание саркопении и остеопении формирует неблагоприятный прогностический профиль, увеличивающий риск падений и переломов.

Обсуждая полученные результаты, следует отметить, что комплексная оценка морфофункционального состояния костной ткани значительно повышает диагностическую информативность обследования. Денситометрия позволяет количественно определить степень снижения костной массы, биоимпедансметрия — оценить влияние состава тела и мышечного компонента, а лабораторные методы — выявить активность метаболических процессов. Интеграция данных различных методов создаёт целостное представление о состоянии костной системы и позволяет индивидуализировать профилактические и лечебные мероприятия.

Таким образом, результаты исследования подтверждают, что применение комплексного инструментально-лабораторного подхода способствует более раннему выявлению нарушений костного метаболизма, определению факторов риска прогрессирования и повышению эффективности мониторинга терапии. Полученные данные могут быть использованы для разработки алгоритмов скрининга и динамического наблюдения пациентов с остеопеническими и остеопоротическими изменениями.

Заключение. В результате проведённого исследования удалось комплексно оценить морфофункциональные характеристики костной ткани у пациентов с факторами риска нарушений костного метаболизма и у лиц контрольной группы. Полученные данные позволяют сделать несколько ключевых научно-обоснованных выводов, имеющих практическое значение для клинической диагностики и мониторинга заболеваний костной системы.

Во-первых, инструментальные методы исследования, в частности двухэнергетическая рентгеновская абсорбциометрия (DXA), продемонстрировали высокую точность в количественной оценке минеральной плотности костной ткани и выявлении степени её снижения. Результаты DXA подтвердили, что снижение минеральной плотности чаще наблюдается в типичных локализациях остеопоротических изменений — поясничном отделе позвоночника и проксимальном отделе бедренной кости. Это позволяет использовать метод как основной для ранней диагностики остеопении и остеопороза и для мониторинга динамики костного метаболизма в процессе терапии. Рентгенография, несмотря на меньшую чувствительность на ранних стадиях, дополняет диагностику, выявляя структурные изменения костной ткани и признаки компрессионных переломов.

Во-вторых, лабораторные показатели костного ремоделирования оказались высокоинформативными для выявления дисбаланса процессов костеобразования и резорбции. У большинства обследуемых основной группы отмечалось снижение уровня 25(OH) витамина D и повышение маркеров костной резорбции (CTX), что отражает активацию процессов разрушения костной ткани. В сочетании с повышением паратгормона это свидетельствует о развитии компенсаторного вторичного гиперпаратиреоза. На ранних стадиях заболевания биохимические изменения могли предшествовать значимому снижению минеральной плотности, что подчёркивает их важность для ранней диагностики и оценки эффективности проводимой терапии.

В-третьих, включение биоимпедансметрии в комплексное обследование позволило выявить взаимосвязь между составом тела и состоянием костной ткани. Сниженная мышечная масса у пациентов с остеопорозом или остеопенией коррелировала с пониженной минеральной плотностью, что подтверждает концепцию «мышечно-костного взаимодействия». Одновременно повышенный уровень висцерального жира был отрицательно связан с МПКТ, что указывает на неблагоприятное влияние метаболических факторов на костный обмен. Эти данные демонстрируют, что оценка компонентного состава тела является важным дополнением к инструментальным и лабораторным методам и позволяет выявлять подгруппы пациентов с высоким риском патологических переломов.

В-четвёртых, комплексная интерпретация инструментальных, лабораторных и биоимпедансных данных обеспечивает целостную картину состояния костной системы, что невозможно при использовании только одного из методов. Такой интегрированный подход позволяет не только количественно оценивать потерю костной массы, но и выявлять метаболические и структурные нарушения на доклинических стадиях, а также прогнозировать риск развития осложнений.

Следовательно, применение комплексного междисциплинарного подхода, включающего денситометрию, рентгенологические методы, лабораторные маркеры костного ремоделирования и биоимпедансметрию, является перспективным и научно обоснованным направлением в клинической практике. Такой подход способствует: раннему выявлению нарушений костного метаболизма; стратификации риска развития остеопении, остеопороза и патологических переломов; индивидуализации профилактических и терапевтических мероприятий; оценке эффективности проводимой терапии и динамическому наблюдению пациентов.

В целом, результаты исследования подтверждают необходимость интеграции мультидисциплинарных методов в клиническую практику и демонстрируют, что комплексная оценка морфофункциональных характеристик костной ткани является ключевым инструментом для улучшения качества медицинской помощи пациентам с нарушениями костного метаболизма, снижением костной массы и повышенным риском переломов. Этот подход позволяет не только повысить точность диагностики, но и сформировать основу для разработки эффективных профилактических стратегий и индивидуализированных лечебных программ, что имеет важное социально-медицинское значение.

Список литературы:

1. Жалолова В. З., Мавлянов З. И. Эффективность программы для определения антропометрических фенотипов и психофизиологической характеристики молодых спортсменов //VIII международная научно-практическая конференция «безопасный спорт—2021» санкт-петербург. – 2021. – С. 27-28.

2. Рахматова М. Р. Анализ состава тела спортсменов юниоров и кадетов легкоатлетов и велогонщиков // European Journal of Biomedical and Life Sciences. 2022. No. 2-3. P. 64–67.

3. Рахматова М. Р., и др. Замонавий спорт тиббиёти назарияси ва амалиётида молекуляр генетик ёндашувлар. – Тошкент, 2024.

4. Рахматова М. Р., Собирова Г. Н. Спортчиларда генлар полиморфизмнинг ёшга боғлиқ мослашувчанлик, ҳаракат тезлиги, тезлик-куч сифатлари ривожланишидаги аҳамияти // Miasto Przyszłości. 2023. Vol. 36. P. 266–271.

5. Axmatovna, M., Mustafaeva Sh. Peculiarities of the morphophenotype and characteristics of the physical performance of young football players and their relationship with the gaming amplitude // Academicia: An International Multidisciplinary Research Journal. 2021. Vol. 11, No. 2. P. 1381–1388.

6. Bonjour J. P., Chevalley T., Ferrari S. The importance of peak bone mass in the prevalence of osteoporosis // Osteoporos Int. 2009. Vol. 20, No. 7. P. 1003–1010.

7. Rasulovna R. M. Sports Genetics is the Key to High Achievements of Athletes // International Journal of Health Systems and Medical Sciences. 2023. Vol. 2, No. 1. P. 23–30.

8. Rasulovna R. M. The Role of ADRB2, ADBR3 Genes Polymorphism in the Development of Age-Dependent Adaptability, Movement Speed, Speed-Strength Qualities in Junior and Cadet Athletes // Scholastic: Journal of Natural and Medical Education. 2023. Vol. 2, No. 1. P. 147–152.

9. Zamirovna J. V., Rasulovna R. M. Features of the anthropometric phenotype and psycho physiological characteristics of junior and cadet athletes // Academicia: An International Multidisciplinary Research Journal. 2021. Vol. 11, No. 3. P. 538–544.

10. Rakhmatova M. R. Prospects of using the program for determining body composition and neurophysiological characteristics of junior and cadet athletes // European Journal of Biomedical and Life Sciences. 2021. P. 32-2 (34/1).

11. Rasulovna R. M. Analysis of the body composition of junior and cadet athletes and cyclists // European Journal of Biomedical and Life Sciences. 2022. P. 64.

12. Rasulovna R. M. Anthropometric and morphofunctional parameters of bone tissue: Clinical and pharmacological significance //shokh library. – 2025. – Т. 1. – №. 11.

13. Rachner T. D., Khosla S., Hofbauer L. C. Osteoporosis: now and the future // Lancet. 2011. Vol. 377, No. 9773. P. 1276–1287.

14. Raisz L. G. Pathogenesis of osteoporosis: concepts, conflicts, and prospects // J Clin Invest. 2005. Vol. 115, No. 12. P. 3318–3325.

15. Kanis J. A., Cooper C., Rizzoli R. European guidance for the diagnosis and management of osteoporosis in postmenopausal women // Osteoporos Int. 2019. Vol. 30. P. 3–44.