

## АНАТОМИЯ ЧЕЛОВЕКА



УДК 57.084.1

DOI: [https://doi.org/10.34680/2076-8052.2022.4\(129\).7-10](https://doi.org/10.34680/2076-8052.2022.4(129).7-10)

**ДЕНСИТОМЕТРИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ  
ВЫСОКОРАЗРЕШАЮЩЕЙ КОМПЬЮТЕРНОЙ ТОМОГРАФИИ  
РАЗЛИЧНЫХ АНАТОМИЧЕСКИХ СТРУКТУР У БЕЛЫХ ЛАБОРАТОРНЫХ МЫШЕЙ**

**А.А.Яковлев\*, Д.С.Берестов\*\*, Ю.Г.Васильев\*\*, Г.В.Шумихина\***

**DENSITOMETRIC ASSESSMENT OF VARIOUS ANATOMICAL STRUCTURES  
OF WHITE LABORATORY MICE BY HIGH-RESOLUTION COMPUTED TOMOGRAPHY**

**A.A.Yakovlev\*, D.S.Berestov\*\*, Yu.G.Vasiliev\*\*, G.V.Shumikhina\***

*\*Ижевская государственная медицинская академия, [histolog@igma.udm.ru](mailto:histolog@igma.udm.ru)*

*\*\*Ижевская государственная сельскохозяйственная академия*

Рассмотрены технические аспекты проведения высокоразрешающего мультиспирального исследования, выполненного на взрослых аутбредных мышцах ICR (CD-1) одного возраста, пола и массы тела. Всего исследовано 10 самцов в возрасте 7 месяцев. Впервые в отечественной литературе дан описательный анализ результатов СКТ-обследования лабораторных мышей и описаны плотностные характеристики их тканей. Указаны основные особенности рентгенанатомии органов грудной клетки и органов брюшной полости. Показаны значения рентгеновской плотности мозга, легких, печени, костной ткани. Рассмотрена возможность применения различных программ постобработки для углубленного анализа. Отмечено отсутствие достоверной разницы в плотности костной ткани и легких левой и правой частей тела, оценена плотность различных отделов костей, показаны различия в плотности между разными костями и различными отделами одних и тех же костей конечностей. Полученные результаты будут использованы в дальнейшей оценке возрастных изменений.

**Ключевые слова:** СКТ-анатомия, денситометрия, лабораторные мыши, плотность костной ткани

**Для цитирования:** Яковлев А.А., Берестов Д.С., Васильев Ю.Г., Шумихина Г.В. Денситометрические показатели высокоразрешающей компьютерной томографии различных анатомических структур у белых лабораторных мышей // Вестник НовГУ. Сер.: Медицинские науки. 2022. №4(129). С.7–10. DOI: [https://doi.org/10.34680/2076-8052.2022.4\(129\).7-10](https://doi.org/10.34680/2076-8052.2022.4(129).7-10)

The technical aspects of conducting a high-resolution multispiral study are considered. The study was performed on adult outbred ICR mice (CD-1) of the same age, sex, and body weight. A total of 10 males aged 7 months have been studied. For the first time in the domestic scientific literature, a descriptive analysis of the results of spiral computer tomography (SCT) examination of laboratory mice is given and the density characteristics of their tissues are described. The main features of X-ray anatomy of the chest and abdominal organs are indicated. The values of X-ray density of the brain, lungs, liver, bone tissue are shown. The possibility of using various post-processing programs for in-depth analysis is considered. The absence of a significant difference in the density of bone tissue and lungs of the left and right parts of the body has been noted, the density of various parts of the bones has been assessed, differences in density between different bones and different parts of the same bones of the limbs are shown. The results obtained can be used in further assessment of age-related changes.

**Keywords:** SCT anatomy, densitometry, laboratory mice, bone density

**For citation:** Yakovlev A.A., Berestov D.S., Vasiliev Yu.G., Shumikhina G.V. Densitometric assessment of various anatomical structures of white laboratory mice by high-resolution computed tomography. Vestnik NovSU. Issue: Medical Sciences. 2022. Vol.4(129). Pp.7–10. DOI: [https://doi.org/10.34680/2076-8052.2022.4\(129\).7-10](https://doi.org/10.34680/2076-8052.2022.4(129).7-10)

### Введение

Белые мыши — одни из самых популярных объектов для лабораторных моделей, при этом описания результатов СКТ-исследования их организма в доступной литературе немногочисленны. Кроме того, развитие лучевых методов визуализации и появление компьютерных томографов высокого разрешения с толщиной среза и постреконструкцией с шагом до

0,6 мм позволяет проводить измерения мелких животных, в том числе, не выводя их из эксперимента. При этом возникает проблема адекватной фиксации животных и интерпретации полученных данных. В отечественной и зарубежной литературе недостаточно материала сравнения. Доступные же зарубежные атласы и руководства по секционной радиоанатомии лабораторных мышей и крыс требуют специального томографического оборудования, а также зачастую

седации животных [1]. Последнее может быть неприемлемо для многих исследований. Помимо прочего, подобные эксперименты проводятся на специализированных лабораторных компьютерных томографах, в том числе с возможностью ПЭТ. Данные модели лабораторного оборудования дороги в обслуживании и сложны в эксплуатации. В связи с изложенным целью работы стало проведение СКТ-исследования белых мышей на серийном диагностическом оборудовании с качественной и количественной оценкой полученных сканов.

### Материалы и методы

Исследование выполнено на взрослых аутобредных мышах ICR (CD-1) одного возраста, пола и массы тела. Всего исследовано 10 самцов в возрасте 7 месяцев. Выбор возраста обусловлен проведением исследования в рамках экспериментов по оценке возрастной изменчивости. Животные фиксировались в их естественном анатомическом положении с помощью устройства собственной конструкции из рентгенопрозрачного материала. Томографическое исследование проведено на аппарате Siemens Somatom Go.UP по протоколу THORAX HR с толщиной среза 0,6 мм. Полученные сканы обрабатывались на программном обеспечении Singo.Via версии VA30B с последующей количественной денситометрической оценкой полученных нативных данных по шкале Хаунсфилда (рис.1).

В качестве целей для денситометрической оценки были выбраны головной мозг, легкие, печень, а также бедренная, плечевая и большеберцовая кости. Оценка плотностных характеристик каждого из объектов производилась в различных окнах просмотра. Оценка качественных и количественных показателей легких проводилась в легочном и средостенном ре-

жимках. Полученный цифровой материал подвергали статистической обработке общепринятыми методами. Нормальность распределения полученных значений плотности оценивали исходя из размера выборки по критерию Шапиро — Уилка. При необходимости оценки достоверности различий между группами полученных данных в зависимости от нормальности распределения использовали  $t$ -критерий Стьюдента либо  $U$ -критерий Манна — Уитни.

Работа выполнена в соответствии с положениями «Руководства по проведению доклинических исследований лекарственных средств. Часть первая» [2] и «Правил лабораторной практики в Российской Федерации» [3]. Экспериментальная часть работы на животных проводилась в соответствии с правилами, принятыми Европейской Конвенцией по защите позвоночных животных, используемых для экспериментальных и иных научных целей [4] и Приказом МЗ СССР №755 от 12.08.1977 [5].

### Результаты и обсуждение

В результате проведенного анализа установлено, что костные структуры черепа хорошо визуализировались. Без дополнительного внутривенного контрастирования определялись структуры мозгового и висцерального черепа. Скуловые дуги были хорошо развиты. Костная структура глазниц определялась точно, кальцификация хрусталика не визуализировалась. Структуры костного наружного уха определялись точно до уровня барабанной полости. Структуры барабанной полости и внутреннего уха не различались.

Мозговой череп был развит умеренно. Соотношение мозгового черепа к висцеральному приближалось к соотношению 1:1,5–1:2. Внутримозговые структуры (серп, дифференциация коры и подкорко-

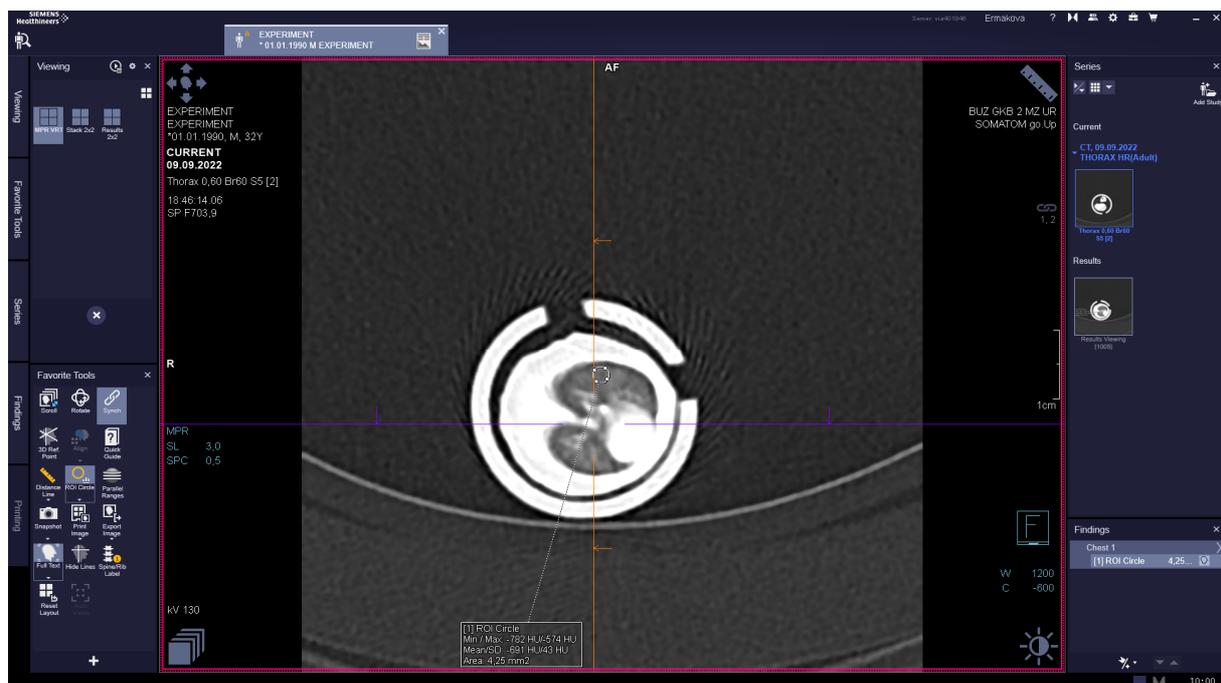


Рис.1. Сканогрaмма мыши на уровне базальных сегментов легких с оценкой плотностных показателей легких по шкале Хаунсфилда

вых структур, внутри- и внемозговые ликворные пространства и др.) без дополнительного контрастирования не определялись. Плотность мозга в лобной и теменно-затылочной областях достоверно различались ( $U$ -критерий,  $p < 0,05$ ), медианы составили соответственно 54 и 45 НУ.

Легкие имели неправильную конусовидную форму, с широким основанием, прилежащим к диафрагме. Отмечалось выраженное полнокровие сосудов прикорневой зоны, что сопровождалось наличием паттерна «матового стекла» в околосердечной области. Рассматривать данную СКТ-картину как патологическую не следует. Субплевральные отделы легких были полностью аваскулярны, что сопровождалось наличием полосы просветления шириной до 1,0 мм в наддиафрагмальной зоне. Медианы плотностных характеристик легочной ткани в пределах наиболее хорошо вентилируемых отделов составили  $-636$  НУ для правого легкого и  $-587$  НУ — для левого. Статистически достоверной разницы между плотностью правого и левого легких не установлено ( $U$ -критерий,  $p > 0,05$ ). Дорсобазальные отделы обоих легких были значительно более развиты, что проявлялось в выраженном развитии дренирующего бронха диаметром до 0,5 мм и наличием крупных сосудов, которые прослеживались вплоть до аваскулярной зоны, описанной выше. Остальные бронхи после уровня главных бронхов не визуализировались.

Органы средостения без дополнительного контрастирования мало дифференцировались. Отмечалось косо-горизонтальное положение сердца (угол  $\alpha$   $42,7-45,8^\circ$ ) с хорошо развитыми левыми отделами. Крупные сосуды (аорта и легочный ствол) без дополнительного контрастирования не различимы в околосердечной области. Дуга аорты отстояла от верхней апертуры грудной клетки на 1–1,2 мм.

Костный состав грудной полости определялся достоверно. Хрящевые соединения были сохранены, зоны роста не определялись.

Органы брюшной полости, забрюшинного пространства и малого таза без внутривенного контрастирования не отличались. Отчетливо определялись прилежащие к диафрагме отделы печени со значениями плотности по Хаунсфилду в пределах  $+100$  НУ, со средним значением  $+77,1 \pm 7,9$  НУ.

Костная структура, оцениваемая в процессе исследования, развита хорошо, зоны роста закрыты. Реакция надкостницы и хрящевых отделов не определялась. Травматические изменения не прослеживались. Плотностные характеристики изученных костей приведены в таблице.

Средние или медианные (в скобках) значения рентгеновской плотности изученных костей по шкале Хаунсфилда

Кость	Участок		
	Проксимальная треть, $M \pm m$ , НУ	Средняя треть, $M \pm m$ (Me), НУ	Дистальная треть, $M \pm m$ (Me), НУ
Правая бедренная	$814,5 \pm 110,9$	$692,9 \pm 72,7$	$561,9 \pm 110,1$
Левая бедренная	$746,1 \pm 115,4$	(586,5)	$586,4 \pm 124,3$
Правая большеберцовая	$1176,3 \pm 153,5$	$1245,4 \pm 325,3$	$1565,6 \pm 449,6$
Левая большеберцовая	$1102,4 \pm 214,9$	$1202,2 \pm 318,7$	(1785)
Правая плечевая	$1152,4 \pm 213,4$	$1320,1 \pm 145,2$	$1655,9 \pm 179$
Левая плечевая	$1158,2 \pm 262,3$	$1443,2 \pm 147,8$	(1710,5)

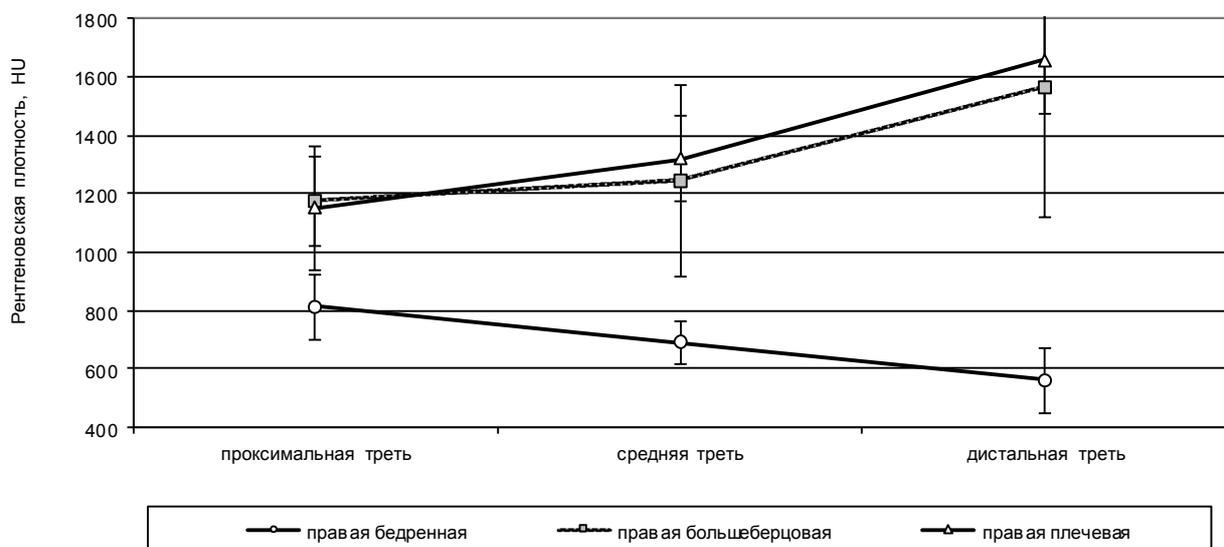


Рис.2. Рентгеновская плотность исследованных костей ( $M \pm m$ )

Обращает на себя внимание достоверно более высокая рентгеновская плотность большеберцовой и плечевой костей в сравнении с бедренной (рис.2). Проведенный статистический анализ показал отсутствие значимых различий изученного параметра между правыми и левыми соответствующими костями. Также обнаружено разнонаправленное изменение плотности различных костей по их длине. У большеберцовых и плечевых костей отмечалось увеличение плотности в направлении от проксимального к дистальному отделам. Плотность бедренной кости изменялась в обратной последовательности.

Полученные данные будут использованы в качестве материала сравнения в дальнейшей оценке возрастных изменений, а также могут быть полезны исследователям, использующих мышей ICR (CD-1) в своих экспериментах.

### Выводы

1. Примененное устройство фиксации позволяет проводить одновременное СКТ-обследование нескольких мышей без использования седации.

2. Плотность мозга в лобной и теменно-затылочной областях достоверно различалась со значением медиан 54 и 45 НУ соответственно. Плотность печени составила  $+77,1 \pm 7,9$  НУ.

3. При сравнении рентгеновской плотности левого и правого легкого, левых и правых парных костей достоверной разницы установлено не было.

4. Плотность бедренной кости существенно ниже большеберцовой и плечевой и отличается обратной динамикой ее изменения по длине.

- 
1. Анатомия мыши с названиями структур (микро-КТ высокого разрешения) [Электронный ресурс]. URL:

<https://www.imaios.com/ru/vet-Anatomy/Mysh/Mysh-Vsio-telo-mikro-KT>

2. Руководство по проведению доклинических исследований лекарственных средств. Часть первая / под ред. А.Н. Миронова. М.: Гриф и К, 2012. 245 с.
3. Приказ Министерства здравоохранения Российской Федерации от 23.08.2010 № 708н «Об утверждении Правил лабораторной практики» (зарегистрирован Министерством юстиции Российской Федерации 13 октября 2010 г., регистрационный № 18713).
4. European convention for protection of vertebrate animals used for experimental and other scientific purposes (ETS 123). Strasbourg, 1986. 48 p.
5. Приказ МЗ СССР № 755 от 12.08.1977 «Правила проведения работ с использованием экспериментальных животных».

### References

1. Anatomiya myshi s nazvaniyami struktur (mikro-КТ vysokogo razresheniya) [Anatomy of a mouse with the names of structures (micro-CT high resolution)]. Available at: <https://www.imaios.com/ru/vet-Anatomy/Mysh/Mysh-Vsio-telo-mikro-KT>
2. Rukovodstvo po provedeniyu doklinicheskikh issledovaniy lekarsvennykh sredstv. Chast' pervaya [Guidelines for conducting preclinical studies of drugs. Part 1]. Ed. A.N.Mironova. Moscow, Grif i K Publ., 2012. 245 p.
3. Prikaz Ministerstva zdravookhraneniya Rossiyskoy Federatsii ot 23.08.2010 № 708n «Ob utverzhdenii Pravil laboratornoy praktiki» [Order of the Ministry of Health of the Russian Federation of August 23, 2010, no.708n "On Approval of the Rules for Laboratory Practice"] (registered by the Ministry of Justice of the Russian Federation on October 13, 2010, registration no.18713). (In Russian).
4. European Convention for Protection of Vertebrate Animals Used for Experimental and Other Scientific Purposes (ETS 123). Strasbourg, 1986. 48 p.
5. Prikaz Ministerstva zdravookhraneniya SSSR № 755 ot 12.08.1977 «Pravila provedeniya rabot s ispol'zovaniyem eksperimental'nykh zhivotnykh» [Order of the Ministry of Health of the USSR of August 12, 1977, no.755 " Rules for studies using experimental animals "]. (In Russian).