

УДК 611.611-073.432.19

© Коллектив авторов, 2013

## ИНДИВИДУАЛЬНАЯ АНАТОМИЧЕСКАЯ ИЗМЕНЧИВОСТЬ ДИАФРАГМЫ ЧЕЛОВЕКА ПО МАТЕРИАЛАМ СПИРАЛЬНОЙ КОМПЬЮТЕРНОЙ ТОМОГРАФИИ

**В. Г. Дуденко, С. Ю. Масловский, В. Ю. Вдовиченко, В. В. Куринной**

*Кафедра оперативной хирургии и топографической анатомии (зав. - д. мед. н., проф. Дуденко В. Г.), Харьковский национальный медицинский университет. 61022 Украина, г. Харьков, пр. Ленина, 4. E-mail: vgd2008@ukr.net*

### INDIVIDUAL ANATOMICAL VARIABILITY OF THE HUMAN DIAPHRAGM STRUCTURE STUDIED ON THE BASIS OF SPIRAL COMPUTER TOMOGRAPHY DATA.

**V. G. Dudenko, S. J. Maslovskiy, V. I. Vdovichenko, V. V. Kurinnoy**

#### SUMMARY

Modern development of diagnostic technologies affords to individualize the data on the structure of each person being prepared for operative treatment. The object of this research was to determine the possibility of studying individual anatomical variability of the human diaphragm for mini-invasive surgical dissections with the help of 3D modeling based on the data of the multicross-section spiral computer tomography (CT). The CT data of 42 persons of both sexes, all ages and body types have been processed. We have studied the angles of the diaphragm fixation in all its parts, the distance between the esophageal, aortic and inferior vena cava openings, their mutual orientation, the width of the diaphragm crura, the area of the tendinous center of the diaphragm. Processing, study and virtual modeling of the diaphragm have been made on a Hewlett-Packard 8020 workstation using the special program "Vitrea 2." Basing on the spiral CT-imaging data that we have obtained, we conclude the following. 1. The horizontal section images afford to make exact calculation of different linear values (distance, angle, diameter, circumference, etc.), since the images are scaled by default and fully correspond to the actual size. 2. The study of the sagittal sections provide an understanding of the organ skeleton and its internal structure. 3. The frontal sections and 3D reconstruction based on the aforementioned images give a precise picture of the anatomical structure; in this particular case, it is the diaphragm.

### ИНДИВИДУАЛЬНА АНАТОМІЧНА МІНЛИВІСТЬ БУДОВИ ДІАФРАГМИ ЛЮДИНИ ЗА МАТЕРІАЛАМИ СПІРАЛЬНОЇ КОМП'ЮТЕРНОЇ ТОМОГРАФІЇ

**В. Г. Дуденко, С. Ю. Масловський, В. Ю. Вдовіченко, В. В. Куринний**

#### РЕЗЮМЕ

Сучасний розвиток діагностичних технологій дозволяє індивідуалізувати наше знання будови кожної конкретної людини, яку готують до оперативного лікування. Метою дослідження було визначення можливості вивчення індивідуальної анатомічної мінливості діафрагми людини шляхом 3D моделювання на основі даних мультизрізової спіральної комп'ютерної томографії. Всього оброблено дані МСКТ-обстежень 42 осіб обох статей, різного віку та типу статури. Були вивчені кути прикріплення діафрагми, відстань між стравохідним, аортальним і отвором нижньої порожнистої вени, їх взаємна орієнтація, ширина ніжок діафрагми, площа сухожильного центру діафрагми. Обробка, вивчення і віртуальне моделювання діафрагми вироблялося на робочій станції Hewlett-Packard 8020 із застосуванням спеціалізованої програми «Vitrea 2». Отримані в результаті обробки зображень СКТ дані дозволили нам зробити наступні припущення. 1. Горизонтальні зрізи зображень дозволяють зробити досить точні підрахунки різних лінійних величин (відстані, кути, діаметр, периметр і т.д.), оскільки розміри зображення повністю відповідають реальним. 2. Вивчення сагітальний зрізів дає розуміння скелетопії органу і його внутрішньої будови. 3. Фронтальні зрізи і 3-х мірна реконструкція на основі згаданих зображень дозволяє отримати абсолютно точне уявлення про структуру (в даному випадку діафрагми).

**Ключевые слова:** анатомия, диафрагма, компьютерная томография, трехмерная реконструкция.

*Без анатомії нет ни хирургии, ни терапии, а есть только приметы и предрассудки»*

*московский врач А. П. Губарев, 1902 г.*

Топографическая анатомия — это наука о взаимоотношениях органов и тканей в различных областях тела человека. При этом основным в топографической анатомии является решение прикладных задач, применительно к запросам практической медицины, в первую очередь, хирургии. В связи с этим термин «топографическая анатомия» часто заменяют понятием об анатомии «хирургической», подчеркивая ее значимость для хирургической клиники. Однако значение топографической анатомии не может быть ограничено рамками только хирурги-

ческой специальности, знание топографии органов необходимо врачу любого профиля. Следовательно, правильнее говорить в настоящее время об изучении клинической анатомии, как основе работы врача любого профиля, рассматривая анатомию хирургическую как один из разделов, необходимых как для подготовки специалиста-хирурга, так и для действующих хирургов в плане планирования предстоящего оперативного вмешательства.

Современное развитие диагностических технологий позволяет индивидуализировать наше знание строения каждого конкретного человека, которого готовят к оперативному лечению. Прежде всего, это рентгенологические обследования в разных проек-

циях, ультразвуковые исследования. Особый интерес представляют наиболее современные способы компьютерной томографии и ядерно-магнитного резонанса, позволяющие получать изображения внутренних органов в любых ракурсах и плоскостях с возможностью математической обработки изображений и объемного моделирования.

Вместе с тем, такой прикладной, клинический подход к изучению топографической анатомии выдвигает ряд новых вопросов. Среди них на первое место необходимо поставить проблему индивидуальности как здорового, так и больного человека. Хорошо известно, что нет абсолютно похожих друг на друга людей, даже по внешним признакам (рост, масса тела, цвет глаз и волос и т.д.). К этому следует добавить наличие возрастных, половых, расовых и других различий, проявляющихся не только во внешности людей, форме и положении внутренних органов, но наблюдаемых и на более глубоких функциональных, биохимических, микроморфологических и даже молекулярных уровнях. Наконец, даже сравнительно постоянные соотношения, которые, как правило, описываются в анатомических руководствах в качестве так называемой нормы, у больного человека в результате патологических нарушений почти всегда подвергаются серьезным изменениям. Лечащему врачу приходится иметь дело с топографической анатомией не только здорового, но и больного организма. Поэтому понятие о клинической анатомии еще более усложняется.

Рассматривая значение клинической анатомии, нельзя не обратить внимания на одну из важнейших проблем в изучении человека — соотношение части и целого, формы и функции. Эта проблема издавна привлекала к себе внимание как клиницистов, так и ученых-анатомов. В наиболее общей форме она нашла отражение в таком разделе науки о человеке (антропологии), как учение о конституции.

Понятие о конституции, как известно, включает в себя совокупность морфологических и функциональных признаков, обусловленных, с одной стороны, наследственными факторами, с другой — длительными и интенсивными влияниями окружающей среды (как биологической, так и социальной). Конституцию можно рассматривать как интегральную характеристику человеческой индивидуальности, как своеобразный биологический паспорт. Частные приложения проблемы конституции находят применение в диагностике, выборе метода лечения, оценке физического состояния человека, определении его профессиональной пригодности и т.д. Большинство исследователей при этом подчеркивают необходимость выявления корреляций между общими антропометрическими характеристиками (например, формой телосложения, массой тела, ростом человека) или оценочными показателями формы топографических областей (формой черепа, грудной клетки, живота и т.д.) с одной стороны, и анатомическими особенностями, составляющими морфологическую основу функциональных возможностей внутренних органов (и организма в целом) с другой.

Наиболее полное научное теоретическое обоснование и разрешение проблема индивидуальной анатомической изменчивости нашла в учении о крайних формах изменчивости органов и систем тела человека, созданном акад. В. Н. Шевкуненко.

Работы В. Н. Шевкуненко и его учеников заложили основу создания нового направления в прикладной анатомии — изучение не отдельных вариантов, которых известно бесчисленное множество, а определение научного подхода к выявлению закономерностей индивидуальной изменчивости.

Многочисленные исследования позволили накопить большое число анатомических фактов, подтвердивших существование индивидуальных различий в строении и топографии различных органов. Это позволило В. Н. Шевкуненко сформулировать первый постулат разрабатываемой теории: индивидуальной изменчивости подвержены все без исключения органы и системы человека. Удалось доказать, что анатомические варианты не случайны, в основе их возникновения лежит закон развития организма. Основываясь на наиболее важных морфологических признаках, изменение которых прослеживается в процессе фило- и онтогенеза какого-либо органа или системы, можно все многообразие их формы и положения представить в виде вариационного ряда. На концах этого ряда будут находиться признаки, наиболее отличающиеся друг от друга. Для обозначения этих крайних вариантов и стал применяться термин «крайние формы (типы) изменчивости». Вторым важным положением учения В. Н. Шевкуненко явилось применение к изучению индивидуальной изменчивости принципов вариационной статистики, использование вариационного ряда для анализа как диапазона изменчивости, так и частоты встречаемости отдельных вариантов. Выявление крайних форм изменчивости ставило целью дать практическому врачу понятие о границах, в которых может колебаться (варьировать), например, уровень расположения органа или его строение. Вместе с тем, В. Н. Шевкуненко постоянно подчеркивал, что для построения вариационного ряда и правильной интерпретации выявленных закономерностей следует использовать не случайные признаки, а учитывать «направление развития», выбирая из многих морфологических особенностей, в первую очередь, те, которые детерминированы процессами фило- и онтогенеза. При этом, безусловно, нужно учитывать, что развитие органов, систем и организма происходит при постоянном влиянии факторов внешней среды, как биологических, так и социальных.

И, наконец, третье, весьма важное положение учения В. Н. Шевкуненко можно сформулировать следующим образом: индивидуальные анатомические различия — не сумма случайностей, в основе своей они детерминированы законами онто- и филогенеза и формируются в процессе сложных взаимодействий развивающегося организма с факторами окружающей среды.

В результате работ В. Н. Шевкуненко и его школы значительно расширилось и изменилось понятие об анатомической норме: все варианты, находящиеся в пределах вариационного ряда и отражающие различные этапы развития данного органа или системы, необходимо рассматривать как нормальные. Норма, следовательно, должна рассматриваться как варьирующая совокупность морфологических признаков, диапазон наблюдаемых анатомических различий, границами которых являются крайние формы изменчивости. Важно подчеркнуть, что функция органов и систем в пределах этого диапазона индивидуальной изменчивости сохранена и обеспечивается в полном объеме жизнедеятельность организма (при условии сохранения адекватных соотношений с экологическими факторами). Это замечание (о соотношении с внешними факторами) является весьма существенным, поскольку есть все основания думать, «что при возникновении экстремальных влияний резистентность анатомо-функциональных структур и комплексов может оказаться неодинаковой, в зависимости от анатомических особенностей органа или системы. В частности, это может быть проиллюстрировано различными компенсаторными возможностями региональных сосудистых бассейнов при тромбозах и эмболиях в зависимости от степени выраженности анастомозов и коллатералей при магистральной или рассыпной форме строения.

Наряду с понятием норма учение В. Н. Шевкуненко о крайних формах индивидуальной изменчивости позволяет уточнить также значение терминов «аномалия» и «порок развития». Учитывая, что норма — это результат правильного («нормального») развития, следует сделать заключение, что аномалия как анатомический факт — это результат нарушенного, «извращенного» процесса развития при сохранении функций. Классический пример аномалии, как следствия извращенного развития, — *situs viscerum inversus*.

Пороком развития являются такие врожденные нарушения анатомической структуры (или положения) органов, которые влекут за собой большие или меньшие нарушения функции (например, незарращение артериального протока между аортой и легочной артерией, незарращение межжелудочко-

вой перегородки, атрезии пищеварительного тракта у новорожденных и т.п.)

Исходя из этих определений возникает вопрос — как трактовать нарушения анатомической структуры (или положения) органов, которые возникли после оперативного лечения? Во многих случаях функция органов (систем) восстанавливается, пациент возвращается к прежнему труду, никаких жалоб не предъявляет. На наш взгляд здесь применимо понятие, которое мы встретили в работах профессора Захарова А. Е., когда он описывал область своих научных интересов как «морфофункциональное обоснование новой, послеоперационной «нормы», профилактика и лечение болезней оперированных органов».

Исходя из сказанного выше можно сделать вывод, что основные положения оперативной хирургии и топографической анатомии (изучение голого тела, скелето- и синтопии органов человека) выходят на новый уровень как задач, так и возможностей.

Целью нашего исследования было определение возможности изучения индивидуальной анатомической изменчивости диафрагмы человека, применительно к миниинвазивным оперативным вмешательствам, путем 3D моделирования на основе данных мультисрезовой спиральной компьютерной томографии (МСКТ).

#### МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Исследования проводились на спиральном компьютерном томографе Toshiba Aquilion 16. Обработка изображений проводилась на рабочей станции Vitrea. Данные компьютерной томографии получали на электронном носителе без упоминания ФИО пациента. Среди изучаемых параметров были углы прикрепления диафрагмы во всех ее отделах, расстояние между пищеводным отверстием, аортальным и отверстием нижней полой вены, их взаимная ориентация, ширина ножек диафрагмы, площадь сухожильного центра диафрагмы. Все исследования проведены с учетом пола, возраста и типа сложения.

К мезоморфному типу телосложения относили людей, чьи анатомические пропорции приближаются к средним параметрам нормы (нормостениками). К брахиморфному типу относили людей невысокого роста, у которых преобладают переднезадние размеры (гиперстеники). Они отличаются круглой головой, большим животом, относительно слабыми руками и ногами. Люди, относящиеся к третьему — долихоморфному типу, отличаются стройностью, легкостью, относительно более длинными конечностями, слабо развитыми мышцами и тонкими костями (астеники). Подкожный жировой слой почти отсутствует.

Пациентов с патологией диафрагмы не было.

Всего обработаны данные СКТ-обследования 42 человек обоих полов, различного возраста и типа телосложения. Данные представлены в таблице № 2.

Таблица № 2

		Брахио- морфный	Мезо- морфный	Долихо- морфный	Всего
	Зрелый возраст — I период				
Муж.	22–35	-	-	-	-
Жен.	21–35	1	1	2	4
	Зрелый возраст — II период				
Муж.	36–60	3	12	2	17
Жен.	36–55	-	10	-	10
	Пожилой возраст				
Муж.	61–74	2	2	-	4
Жен.	56–74	2	5	-	7
	Всего	8	30	4	42

Обработка, изучение и виртуальное моделирование диафрагмы производилось на рабочей станции Hwelett-Packard 8020 с применением специализированного программного комплекса «Vitrea 2».

Полученные цифровые данные обрабатывали методами вариационной статистики с помощью персонального компьютера в программе Microsoft Excel.

#### РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

В связи с тем, что исследования в этом направлении начаты недавно приводить цифровые данные, характеризующие размеры тех или иных образований диафрагмы, мы не сочли возможным. Общее количество пациентов, а так же наполнение возрастных групп, половые и конституциональные пулы не дают возможность получить статистически достоверные результаты. Однако полученные в результате обработки изображений СКТ данные позволили нам сделать следующие предположения.

1. Горизонтальные срезы изображений позволяют сделать достаточно точные подсчеты различных линейных величин (расстояния, углы, диаметр, периметр и т.д.), поскольку изображения масштабированы по умолчанию и полностью соответствуют реальным. Для примера приводим горизонтальные и фронтальные срезы, на которых измерены расстояния между аортой и нижней полой веной на различных уровнях (Рис. 1, 2).

На фронтальных срезах хорошо видны ножки диафрагмы и другие структурные ее компоненты.

Как видно, на представленных снимках четко прослеживаются все образования диафрагмы в зоне перехода аорты и полой вены из одной полости в другую. Можно определить расстояния между ними, их диаметры и вертикальные углы на фронтальном срезе. Также хорошо визуализируется синтопия органов брюшной полости, расположенных (в данном случае) забрюшинно (в плоскости среза). Поскольку прохождение плоскости среза (расстояние от позвоночного столба) можно менять произвольно, то имеется возможность детально изучить синтопию всех органов как брюшной, так и грудной полостей.

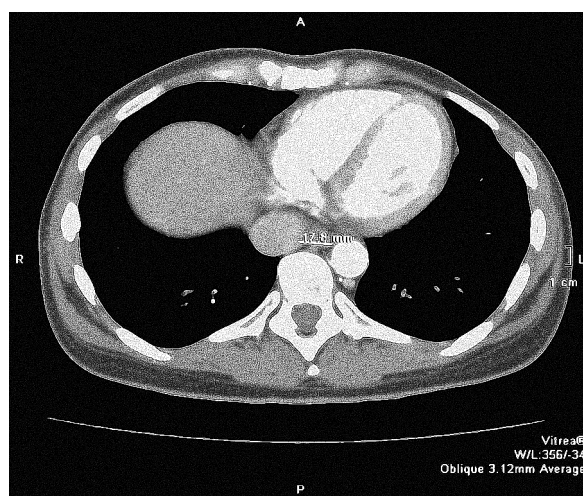


Рис. 1. Аксиальный срез грудной клетки на уровне купола диафрагмы, полученный с помощью спиральной компьютерной томографии

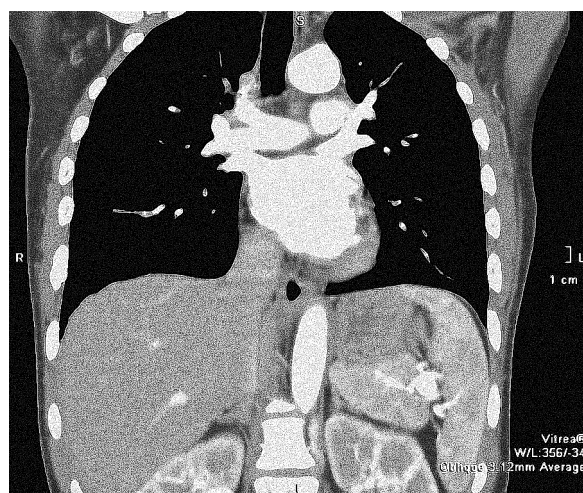


Рис. 2. Коронарная реконструкция грудной клетки и части брюшной полости, полученная с помощью спиральной компьютерной томографии

2. Изучение сагиттальных срезов дает понимание скелетотопии органа и его внутреннего строения. Важным является знание расстояния плоскости среза от условной средней линии. В наших исследованиях мы брали за таковую линию, соединяющую середину 1 грудного и 1 поясничного позвонков. На приведенных снимках хорошо визуализировано внутреннее строение правой почки и углы прикрепления диафрагмы на уровне 80 и 100мм от условной средней линии (Рис. 3).



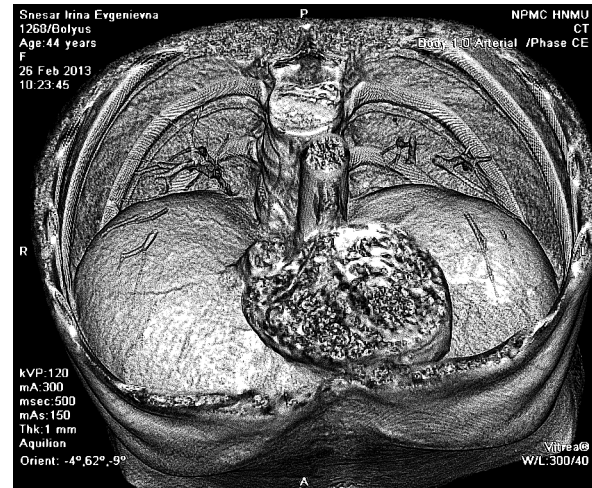
**Рис. 3. Сагиттальная реконструкция грудной клетки и части брюшной полости, полученная с помощью спиральной компьютерной томографии**

На представленных снимках отчетливо определяется значительное уменьшение стернального угла присоединения диафрагмы (от 87 до 55) по мере удаления от условной средней линии. Так же, на сагиттальных срезах хорошо визуализируется синтопия органов забрюшинного пространства в зависимости от расстояния, что позволяет уверенно планировать возможность и предвидеть проблемы пункции паранефрия, парапанкреатической клетчатки и самих этих органов. При дополнении этих манипуляций (операций) УЗ контролем их выполнение и эффективность может многократно вырасти.

Самым сложным вопросом остается выработка корректной системы координат для точного понимания местоположения, поскольку наиболее наглядной и понятной системой визуализации является трехмерная реконструкция изображений, а для ориентации в таком пространстве в настоящее время (насколько нам известно) нет адекватной системы определения местоположения в такого рода медицинских реконструкциях. Еще более усложняется ситуация ориентации в связи с тем, что изучение и планирование осуществляется в трехмерном пространстве, а операция (лапароскопическая, торакокопическая, etc.) производится при дву-

мерном восприятии хирургом картинки на дисплее экрана.

3. Трехмерная реконструкция изображения (3 РИ) является суммирование данных полученных при СКТ (ЯМР томографии). На приведенных ниже иллюстрациях мы приводим отдельные истории, показывающие некоторые возможности таких реконструкций (Рис. 4).



**Рис. 4. Трехмерная реконструкция тела человека на основании данных МСКТ изображений, выполненная с помощью программного комплекса «Vitrea 2»**

На горизонтальной реконструкции мы можем видеть полую вену, аорту, куполы диафрагмы, верхушку сердца и многое другое за счет удаления паренхимы легких компьютерной программой.

Сагиттальная реконструкция позволяет отчетливо видеть перикардальную площадку, строение синусов, границы сухожильного центра диафрагмы. Поскольку все размеры изображений масштабированы у нас есть возможность определить необходимые размеры, площадь и так далее, что может понадобиться для планирования оперативного вмешательства.

Фронтальная реконструкция объединяет возможности первых двух реконструкций.

Если добавить к этому возможность анимировать эти изображения становится понятным, что использование современных технологий для нужд оперативной хирургии и топографической анатомии, а так же клинической анатомии в целом является необходимым и весьма желательным аспектом их применения.

#### ПЕРСПЕКТИВЫ ДАЛЬНЕЙШИХ ИССЛЕДОВАНИЙ

Главным и основным направлением исследований по этой теме, на наш взгляд, является разработка новой (или адаптация существующей) системы координат для точно трактовки расположения органов.

Необходимо также накапливать банк данных полипозиционных исследований как здоровых, так и оперированных пациентов для сравнительного определения параметров границ \*нормы\* и \*новой\* послеоперационной нормы.

В заключение хотим отметить, что имеющиеся в настоящее время технологические возможности получения и обработки медицинской информации открывают широчайшие возможности для морфологических исследований позволяющих на новом, более высоком уровне, познать человека.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Большаков О. П. Оперативная хирургия и топографическая анатомия / О. П. Большаков, Г. М. Семенов // СПб.: «Питер», 2004.— 1161 с.
2. Гуров И. П. Оптическая когерентная томография: принципы, проблемы и перспективы / И. П. Гуров // СПб.: «СПб ГИТМО», 2000.— 278 с.
3. Кованов В. В. Оперативная хирургия и топографическая анатомия / В. В. Кованов // М.: «Медицина», 2001.— 410 с.
4. Леви-Строс К. Структурная антропология. Учебное пособие / Леви-Строс К. // М.: «Наука»,

1987.— 399 с.

5. Россоломо Т. Е. Морфология человека Соматическая и функциональная антропология. Антропология. Хрестоматия. / Т. Е. Россоломо, Л. Б. Рыбалов, И. А. Москвина-Тарханова // МПСИ, МОДЭК, 2009.— 416 с.
6. Afifi A. K. Diaphragm. Illustrated Encyclopedia of Human Anatomic Variation / Afifi A. K., Miyauchi R.
7. Alcantara A. L. Radiologic Anatomy / Alcantara A. L., Nguyen H. // Wayne State University School of Medicine, 1999.
8. Baert A. L. Encyclopedia of Diagnostic Imaging / Baert A. L. // Springer, 2008.— 1991 p.
9. Bankman I. Handbook of Medical Imaging: Processing and Analysis Management / Bankman I. // Academic Press, 2000.— 910 p.
10. Boker S. M. Issues in Intraindividual Variability: Individual Differences in Equilibria and Dynamics over Multiple Time Scales / S. M. Boker, P. Molenaar, J. R. Nesselrode // The Human Dynamics Laboratory at the University of Virginia, 2009.— 16 p.
11. Bui A. A. T. Medical imaging informatics / A. A. T. Bui, R. K. Taira // Springer, 2010.— 562 p.