

## Аспекты выбора системы координат при изучении индивидуальной анатомической изменчивости строения человека

В.Г.Дуденко, О.Г.Аврунин,  
М.Ю.Тимкович, В.Ю.Вдовиченко, В.В.Куренной

Харьковский национальный медицинский университет, кафедра оперативной хирургии и топографической анатомии,  
Харьковский национальный университет радиоэлектроники, кафедра биомедицинской инженерии  
Харьков, Украина

Распространенность применения алгоритмов трехмерной реконструкции изображений в современной компьютерной графике дает возможность получать виртуальные компьютерные модели внутренних органов и их структур. Целью работы является изучение возможности построения системы координат для определения топографии внутренних органов человека с учетом индивидуальной вариабельности. Исходная система координат представляет собой ортогональную систему координат, образованную из параллельных аксиальных срезов, расстояние между которыми определяется с DICOM-тега. В результате специалисту необходимо указать четыре точки — опорных ориентира, по которым исчисляются три базисных вектора, а также «точку-мишень», а разработанное расчетно-графическое программное обеспечение делает возможным определение локализации данной «точки-мишени» в заданной индивидуально адаптированной к пациенту системе координат.

**Ключевые слова:** топографическая анатомия, система координат.

### ВВЕДЕНИЕ

По данным современной литературы, исследователи всего мира на протяжении последних лет активно занимаются созданием трехмерных анатомических атласов тела человека, которые включают самые точные трехмерные изображения органов и тканей.

Распространенность применения алгоритмов трехмерной реконструкции изображений в современной компьютерной графике дает возможность получать виртуальные компьютерные модели внутренних органов и их структур.

Обработка этих алгоритмов применительно к изучению органов и тканей человека, получение трехмерной компьютерной модели и применение системы топографоанатомических координат станет основой для индивидуального анатомического обоснования диагностики различных заболеваний, разработки и индивидуального планирования хирургических доступов и плана операции.

Целью исследования было изучение возможности построения системы координат для определения топографии внутренних органов человека с учетом индивидуальной вариабельности. Построение системы координат основывается на следующих этапах:

1) получение исходного набора данных (dataset) согласно стандартным протоколам с представлением изображений в цифровом формате DICOM;

2) анализ возможностей применения существующих систем координат, их адаптация к предметной области — топографической анатомии человека;

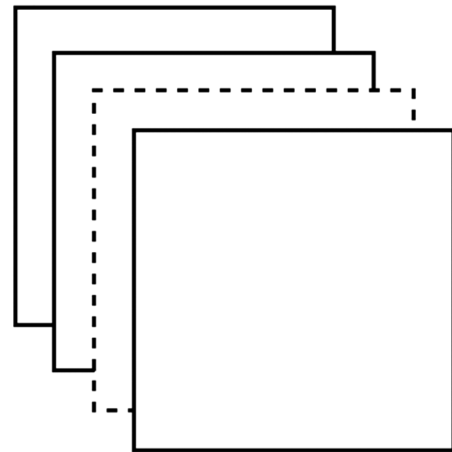
3) выбор базовых ориентиров и реперных точек для построения адекватной системы координат с учетом индивидуальных особенностей строения человека;

4) построение центра системы координат и визуализация базовых плоскостей;

5) получение топографических координат для определения пространственной локализации внутренних органов человека.



а)



б)

Рис. 1. Томограмма пациента: а) исходный томографический срез; б) иллюстрация плоскостей томографической реконструкции.

Исходными данными являются серии томографических снимков пациента (рис. 1), которые составляют собой интроскопическое исследование интересующей области. Кроме растровых данных, необходима также дополнительная информация, описывающая параметры проведения томографического исследования, графических данных и т.д. В настоящее время наиболее распространенным является DICOM стандарт, а также как его составная часть DICOM-файл, используемый всеми ведущими производителями медицинского оборудования. Это, в первую очередь, позволяет унифицировать получаемые данные и сосредоточится на предметной области.

Для идентификации одной серии DICOM изображений от других использовались DICOM-теги Patient ID (0x0010, 0x0020), Study ID (0x0020, 0x0010), Series Number (0x0020, 0x0011). Также следует учитывать, что в качестве исходных данных предусмотрено использование лишь аксиальных срезов, поэтому для определения возможности загрузки проводился анализ ориентации среза. Для этого использовался тег Image Orientation Patient (0x0020, 0x0037).

С целью построения новой системы координат, основанной на анатомических ориентирах, необходимо в первую очередь определиться с имеющейся системой координат. Исходная система координат представляет собой ортогональную систему координат, которая образована из параллельных аксиальных срезов, расстояние между которыми определяется из

DICOM-тега Slice Thickness (0x0018, 0x0050). В свою очередь координаты пикселя определяются по тегу Pixel Spacing (0x0028, 0x0030). Это дает возможность однозначно определить положение интересующей цели в реальных физических единицах измерения.

Задание новой координатной системы осуществляется путем определения трех векторов, определяющих новую систему координат. В матричной форме система координат примет следующий вид (1):

$$A = \begin{bmatrix} v1_x & v1_y & v1_z \\ v2_x & v2_y & v2_z \\ v3_x & v3_y & v3_z \end{bmatrix} \quad (1)$$

где  $v1, v2, v3$  — трехмерные векторы.

К примеру, ортонормированная система координат может принять следующий вид (2):

$$A = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \quad (2)$$

Для определения возможности построения координатной системы на основании заданных векторов необходимо проверить определитель полученной матрицы на принадлежность нулю. В случае равенства определителя нулю построение координатной системы на основании заданных векторов невозможно.

Исходя из вышеизложенного, координаты цели в изначальной системе координат определяются следующим образом (3):

$$V = A * V_A \quad (3),$$

где  $V$  — координаты в изначальной системе координат;

$A$  — матрица, описывающая новую координатную систему;

$V_A$  — координаты в новой координатной системе.

Имея матрицу  $A$ , полученную на основании базисных векторов, а также положение объекта в изначальной системе координат ( $V$ ), можно вычислить  $V_A$ . Для этого обе части уравнения необходимо умножить на обратную матрицу  $A^{-1}$ , матрице  $A$  (4).

$$A^{-1} * V = A^{-1} * A * V_A \quad (4)$$

Учитывая, что произведение матрицы на обратную матрицу равно единичной матрице, выражение примет следующий вид (5):

$$A^{-1} * V = I * V_A \quad (5)$$

В свою очередь, учитывая свойства единичной матрицы, выражение можно переписать следующим образом (6):

$$V_A = A^{-1} * V \quad (6)$$

Таким образом, получен вектор  $V_A$ , описывающий положение объекта в системе координат, заданной базисными векторами ( $v_1, v_2, v_3$ ).

В результате специалисту необходимо указать четыре точки — опорных ориентира, по которым вычисляются три базисных вектора, а также «точку-мишень», а разработанное расчетно-графическое программное обеспечение «СНОД» делает возможным определение локализации данной «точки-мишени» в заданной индивидуально адаптированной к пациенту системе координат.

## ВЫВОДЫ

Полученные исходные данные стандартных протоколов изображений в цифровом формате DICOM могут быть использованы для анализа структуры тела человека в системе топографо-анатомических координат человека.

Выбор базовых ориентиров и реперных точек для построения адекватной системы координат с учетом индивидуальных особенностей строения человека позволяет обосновать расположение центра системы координат и на основании полученных изображений выполнить визуализацию базовых плоскостей, что также способствует получению топографических координат для определения про-

странственной локализации внутренних органов человека.

Перспективным для дальнейших исследований в данной области видится увеличение количества срезов, получаемых на компьютерном томографе или магнитно-резонансной томографии до 128 или 256, что обеспечит снижение дискреции изображений и, следовательно, улучшит как диагностику, так и хирургическое лечение. Также необходимо унифицировать и определить необходимый минимум базовых ориентиров и реперных точек для построения адекватной системы координат с учетом индивидуальных особенностей строения человека для стандартизации и уменьшения количества данных, необходимых для исследований.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Федоров В.Д. Новые возможности спиральной компьютерной томографии — виртуальная хирургия / В.Д.Федоров, Г.Г.Кармазановский, В.В.Цвиркун // Медицинская визуализация. — 2000. — №2. — С. 15-18.
2. Портной Л.М. Роль компьютерной томографии в повседневной практике муниципального здравоохранения / Л.М.Портной, В.Ю.Семенов, А.Г.Крушинский // Вестник рентгенологии и радиологии. — 2004. — №3. — С. 4-15.
3. Хирн Ф. OpenGL. Программирование компьютерной графики для профессионалов / Ф.Хирн. — СПб.: Питер, 2002. — 1088 с.
4. Форсайт Д.А. Компьютерное зрение. Современный подход. Пер. с англ. / Д.А.Форсайт, Ж.Понс. — М.: Вильямс, 2004. — 928 с.
5. Рудаков П.И. Обработка сигналов и изображений / П.И.Рудаков, В.И.Сафонов. — М.: Диалог-МИФИ, 2000. — 413 с.

**В.Г.Дуденко, О.Г.Аврунін, М.Ю.Тімкович, В.Ю.Вдовіченко, В.В.Куренний. Аспекти вибору системи координат при вивченні індивідуальної анатомічної мінливості будови людини. Харків, Україна.**

**Ключові слова: топографічна анатомія, система координат.**

*Поширеність застосування алгоритмів тривимірної реконструкції зображень у сучасній комп'ютерній графіці дає можливість отримувати віртуальні комп'ютерні моделі внутрішніх органів та їх структур.*

*Метою дослідження було вивчення можливості побудови системи координат для визначення топографії внутрішніх органів людини з урахуванням індивідуальної варіабельності.*

*Вихідна система координат являє собою ортогональну систему координат, утворену з паралельних аксіальних зрізів, відстань між якими визначається з DICOM-тега.*

У результаті фахівцеві необхідно вказати чотири точки — опорні орієнтири, за якими обчислюються три базисних вектори, а також «мішень», а розроблене розрахунково-графічне програмне забезпечення робить можливим визначення локалізації даної «точки-мішені» в заданій індивідуально адаптованій до пацієнта системі координат.

**V.G.Dudenko, O.G.Avrinin, M.I.Timkovich, V.I.Vdovichenko, V.V.Kurinnji. Aspects of the coordinate system choice in the study of individual anatomical variability of the human structure. Kharkiv, Ukraine.**

**Key words: topographic anatomy, coordinate system.**

*The prevalence of the use of three-dimensional image reconstruction algorithms in modern computer*

*graphics, enables the production of a virtual computer model of the internal organs and structures.*

*The aim is to study the possibility of building a system of coordinates to determine the topography of the human internal organs with the individual variability.*

*The original coordinate system is an orthogonal coordinate system, which is formed of parallel axial slices, the distance between which is determined from the DICOM-tag.*

*As a result, a specialist must specify four points — the reference guide, which used to calculate the three basis vectors, as well as the «point — target» and developed settlement and graphics software makes it possible to determine the localization of the «point-target» in a given individually tailored to the patient system coordinates.*

*Надійшла до редакції 20.06.2013 р.*