

ПРИЛОЖЕНИЕ НА 3D ПРИНТИРАНЕТО В ОБУЧЕНИЕТО
ПО БИОЛОГИЯ И МЕДИЦИНА

Йордан Ходжев, Иван Масларски, Галин Гюлчев

APPLICATION OF 3D PRINTING IN BIOLOGY
AND MEDICINE EDUCATION

Yordan Hodzhev, Ivan Maslarski, Galin Gyulchev

Abstract: *Using the 3D printing techniques, 3D reconstructions of varicose Saphena Magna Vein and human heart with aortic aneurysm have been made. Printed models are compared with 3D computer modeled and printed Saphena Magna Vein in norm and human heart with aortic aneurysm without pathology, as their impact on pupils and students in biology and medicine has been studied. The obtained results from the survey show improving cognitive skills and considerable improvement in the level of education in the fields of biology as well general and clinical anatomy.*

Key words: *3D printing, 3D modeling, biology, clinical anatomy, education*

Въведение

Тримерният (3D) печат (принтиране) е нов метод за изработване на полимерни обекти въз основа на тримерен виртуален образ. Главното предимство на този метод е способността да се изградят изключително сложни структури. Високото ниво на сложност, от своя страна, е характерно в значителна степен за анатомичните и биологичните структури. Така методът на 3D печат се очертава като водещо средство за онагледяване (Xu et al., 2014) и изучаване (Wu et al., 2010) на пространствено сложни форми на клетки, тъкани, части на органи и цели органи.

Цел и задачи

Проучване възможностите на 3D принтирането за усвояване на общи съществени признаци на анатомични структури и техни вариации, както и симулиране на тяхната функция, в норма и патология, със студенти по медицина в курса по анатомия и съответно ученици в курса по биология и здравно образование (8 клас). Конкретните поставени задачи са:

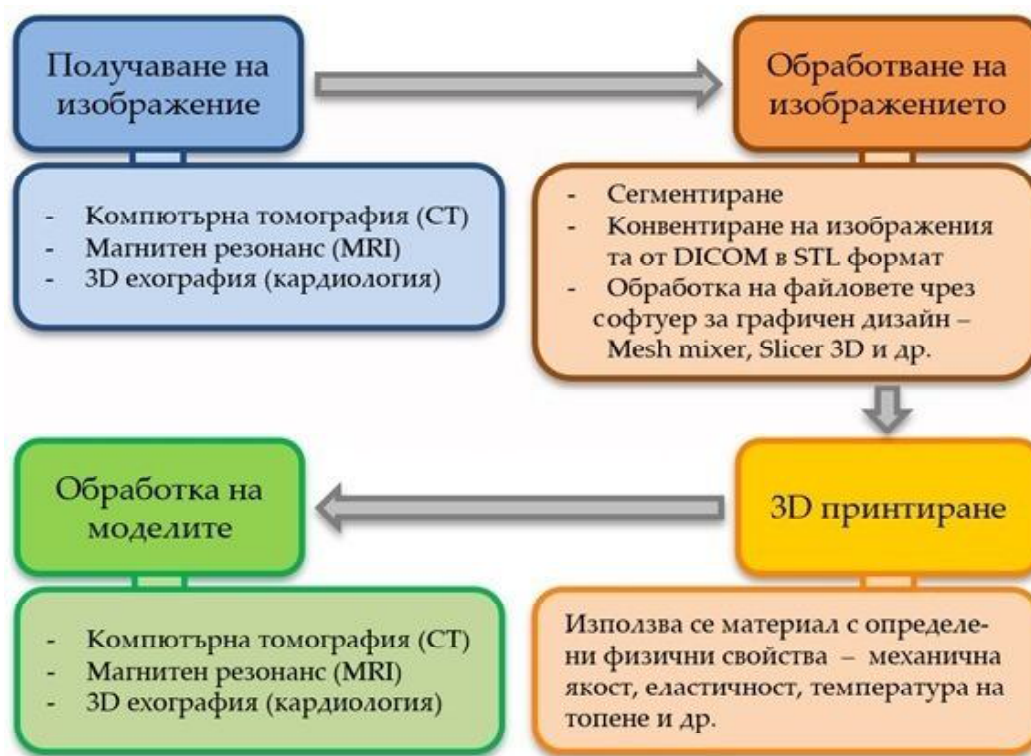
- представяне на специфични методи на 3D принтиране и ползата от тях в световен мащаб пред съответната аудитория, която е субект на изследването;
- изработване и представяне на анатомични модели (фиг. 2, фиг. 3 и фиг. 4), които изобразяват характерна външна морфология на съответния орган и имат значение за клиничната анатомия;
- обучение на студенти и съответно ученици в експериментална група (използващи тримерните принтирани модели) и контролна група (ползващи налични класически средства за онагледяване);
- компютърно симулиране на хемодинамиката в кръвоносни съдове с различен диаметър и тип в норма и при наличие на патология;

- съпоставяне на получените флуидни модели с важни за медицинското обучение и клиничната практика физически закони, водещи до иновации в неинвазивното лечение и хирургичните интервенции.
- анкетиране и проверка на знанията на обучаваните чрез тестови въпроси и задачи.

Методи и материали

За възпроизвеждане на избраните тримерни анатомични модели е използван протокол за обработка на компютърно-томографски и магнито-резонансни изображения, имплантиран в софтуер за тримерно реконструиране Slicer 3D. Наличните изображения от проведена образна диагностика се преобразувани от DICOM (Digital Imaging and Communication in Medicine) формат в STL (STereoLithography) формат, който позволява пълна пространствена обработка на обемната и повърхнинната структура на тримерните модели. Последната е извършена със софтуерът Mesh mixer, след което готовите компютърни тримерни модели са принтирани посредством софтуерите Cura и Simplify 3D. Различните етапи на моделиране на анатомични органи в процеса на 3D принтиране са схематично представени на фиг. 1.

Получените тримерни модели са принтирани с прецизен едноцветен 3D принтер от типа Kossel Delta Mini, като е използвана биоразградима пластмаса – PLA (Polyactic Acid), вискоеластична биоразградима пластмаса – Flexible PLA, както и термопластичен полиуретан – TPU (Thermoplastic Polyurethane), представляващ безопасен за околната среда биоразградим материал с добри еластични свойства. Използвана е температура на топене, която варира при различните материали от 205 до 220°C и скорост на принтиране 20–60 мм/сек.

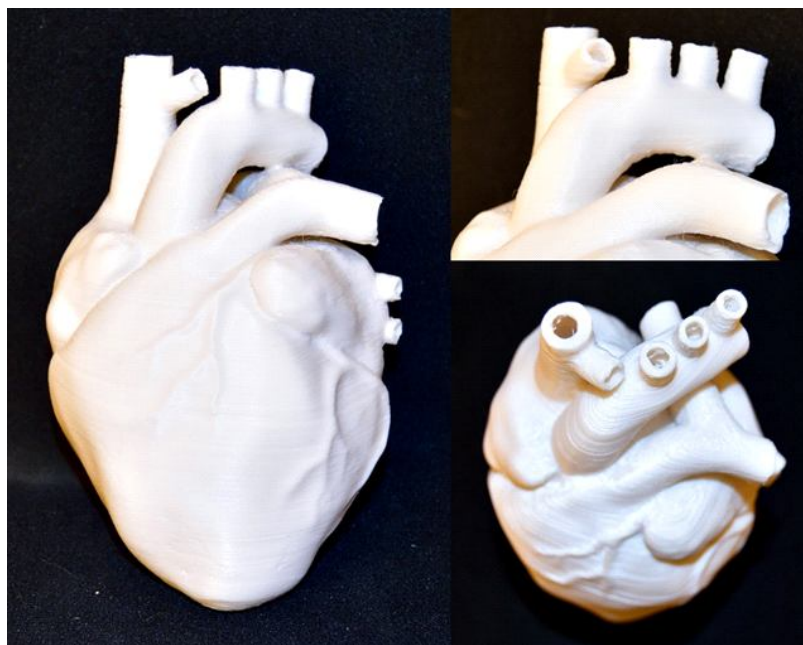


Фиг. 1. Блокова схема, изобразяваща етапите на моделиране на анатомични органи в процеса на 3D принтиране

Резултати и обсъждане

Представянето на съвременните технологии за 3D принтиране и внедряването на триизмерните принтирани модели в обучението предизвикаха явен интерес сред учениците и студентите по медицина. Това се вижда от направените анкети.

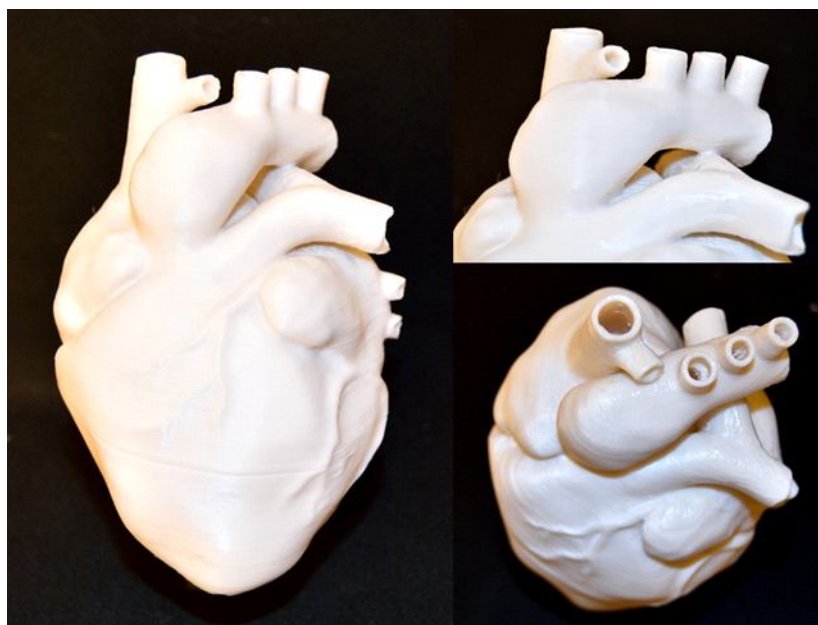
Експериментът бе проведен на два етапа: апробация с 40 студенти контролна група и 40 студенти експериментална група, както и сред контролна група от 40 ученици и 40 експериментална група



Фиг. 2. Сърце в норма

също от 40 ученици. След получаване на резултатите и анализиране на появилите се трудности в процеса на обучението, описани по-долу, бяха направени съответните корекции и бе проведен основният експеримент. Той се осъществи по аналогичен на описания начин отново със същия брой ученици и студенти, но от други групи и съответно класове. Инструментариумът, който използвахме за отчитане на постиженията на студентите и учениците, бе основно анкетен и се състоеше в попълване на кратък тест с отворени отговори. Зададените въпроси, свързани с изследваните анатомичните структури, бяха съобразени с нивото на знания и умения, както и с възрастовата характеристика на обучаващите се.

В хода на изработване на моделите се сблъскахме със следните проблеми: изучаване възможностите на софтуерите за тримерно принтиране, избиране на оптимални геометрични параметри (като големина на слоя, дебелина на стените, тип и степен на обемно запълване и др.) за изграждане на моделите, изследване на подходящите за принтирането термодинамична температура на разтапяне на използваните филаменти и големина на потока на отлагане на филамента.



Фиг. 3. Аневризма на сърдечната аорта



Фиг. 4. Вена *Safena Magna* в норма (отляво) и с наличие на варикози (отдясно)

Обучението на студентите и учениците по съответните теми премина под формата на дискусия, съпроводена с демонстрация на видеа от реалното конструиране на моделите, като беше наблегнато на физичните принципи на флуидното движение в триизмерните принтирани модели и симулиране на хемодинамиката в описаните по-горе кръвоносни съдове.

Направихме корелация между получените резултати при студентите и съответно учениците след проведения основен експеримент и след корекцията в инструментариума, както и в методиката, използвана за преподаване на 3D принтираните изображения, и извършихме промени, свързани с оценяване на знанията и уменията на обучаваните групи.

Очаквано по-добри резултати се получиха в експерименталните групи студенти и ученици, отколкото в контролните. По-големи разлики по отношение на знанията за морфологията на анатомичните структури, разбирането на тяхната функция и природата на заболяванията се получи сред студентите. По-малки са разликите сред учениците. Предполагаме, че това се дължи на допълнителното моделиране на действието на флуидния поток в кръвоносните съдове в норма и патология. Студентите придобиха също така по-добри базисни знания за физиологичните и анатомичните процеси, свързани с човешкото тяло.

Заклучение

От анализа на резултатите от проведените колоквиуми, беседите с ученици и студенти, както и от анализа на анкетните карти и кратките тестове, достигнахме до следното заключение:

- 3D моделирането повишава интереса на обучаваните към клиничната анатомия, води до по-добро разбиране на проблеми, свързани със съдовите заболявания и дава възможност за “клонирание” на реални клинични състояния на различни органи с възможност за последващо софтуерно ремоделиране и дори симулиране на тяхната функция.

- Учениците повишиха интереса си към анатомията и физиологията, както и глобално към здравното образование, тъй като реалните модели на анатомичните структури и демонстрацията на заболяванията се доближават максимално до действителността. Това въздейства върху емоционалната сфера и придава значимост на проблемите.

- Проведеният експеримент показва приложимост на 3D принтирането както в обучението в средното училище и стремежа към повишаване на здравния стил на живот сред учениците, така и до по-качествената и близка до действителността клинична и анатомична подготовка на студентите по медицина.

Благодарности

Представеното изследване и всички извършени до момента дейности, свързани с него, са финансирани изцяло от проект № 80-10-205/24.04.2017 – ФНИ, „Приложение на технологиите за 3D принтиране в общата и клиничната анатомия“ с базова организация СУ „Св. Климент Охридски“.

ЛИТЕРАТУРА

Wu J, Wei M, Li Y, et al. (2010). Scale-adaptive surface modeling of vascular structures. *Biomed Eng Online*; 9: 75.

Xu WH, Liu J, Li ML, Sun ZY, Chen J, Wu JH. (2014). 3D printing of intracranial artery stenosis based on the source images of magnetic resonance angiograph. *Ann Transl Med*; 2(8): 74.

Lim KH, Loo ZY, Goldie SJ, Adams JW, McMenemy PG (2016). Use of 3D printed models in medical education: A randomized control trial comparing 3D prints versus cadaveric materials for learning external cardiac anatomy. *Anat Sci Educ.*; 9(3): 213–221.

Marro A, Bandukwala T, Mak W (2016). Three-Dimensional Printing and Medical Imaging: A Review of the Methods and Applications. *Current Problems in Diagnostic Radiology*. 45(1): 2–9.

Mitsouras D, Liacouras P, Imanzadeh A, Giannopoulos A, Cai T, Kumamaru K et al. (2015) Medical 3D Printing for the Radiologist. *RadioGraphics.*; 35(7): 1965–1988;

Torres K, Staskiewicz G, Sniezynski M, Drop A, Maciejewski R (2011). Application of rapid prototyping techniques for modelling of anatomical structures in medical training and education. *Folia Morphol (Warsz).*; 70(1): 1–4.