

SÁNG KIẾN KỸ THUẬT TẠO MÔ HÌNH MỘT SỐ CẤU TRÚC NÃO BỘ NGƯỜI, DỰNG HÌNH TỪ PHIM CHỤP CỘNG HƯỞNG TỪ THEO PHƯƠNG PHÁP MỚI

TS. NGUYỄN LÊ CHIẾN, TS. ĐẶNG TIẾN TRƯỜNG
ThS. TÓNG QUỐC ĐỒNG - Học viện Quân y
Thẩm định khoa học: (1) TS. ĐINH TRỌNG HÀ
(2) TS. TẠ QUỐC GIÁP

TÓM TẮT: Sáng kiến kỹ thuật tạo mô hình một số cấu trúc não bộ người từ phim chụp MRI theo phương pháp mới dựa trên nguyên lý ứng dụng các phép phân tích và chương trình xử lý hình ảnh để phân định các vùng não. Đầu vào là hình ảnh hai chiều (2D) não người ở định dạng DICOM - là dạng chuẩn thức đối với hình ảnh y khoa được phân tích qua các bước xử lý hình ảnh, tái cấu trúc và chuyển đổi dạng 3 chiều (3D) đối với các vùng não quan tâm (ROIs). Các ROIs này tiếp tục được xử lý và tạo hình khối với định dạng tương thích cho ứng dụng trong trình chiếu, giảng dạy và xuất được qua máy in 3D để tạo các mô hình cấu trúc não người. **Kết quả:** Xây dựng thành công và hoàn chỉnh quy trình phân tích, xử lý hình ảnh, tạo mô hình 3D từ phim chụp MRI não bộ người, gồm: tạo dựng hình ảnh 3 chiều một số cấu trúc não bộ từ phim chụp MRI của người; sử dụng kỹ thuật in 3D để tạo ra các mô hình ứng dụng trong giảng dạy và mô phỏng.

Từ khóa: Tái dựng hình 3D, xử lý hình ảnh, mô hình não người.

ABSTRACT: The technical initiative to model some human brain structures from MRI scans according to new methods based on the principle of applying analysis and image processing programs to identify brain regions. The input was a two-dimensional (2D) human brain image in DICOM format - the standard format for medical imaging analyzed through the image management, reconstruction, and three-dimensional (3D) image transformation. for brain regions of interest (ROIs). These ROIs were further processed and cubed with a format compatible for application in presentation, teaching, and exported via 3D printers to create a human brain structure models. **Results:** Successfully built and completed the procedures of analysis, image processing, 3D modeling from MRI scans of the human brain, including creating 3-dimensional images of some human brain structures from MRI scans; used 3D printing technique to create models for teaching and simulation applications.

Keywords: 3D rendering, image processing, human brain model.

Chịu trách nhiệm nội dung: TS. Nguyễn Lê Chiến, SĐT: 0983133138.

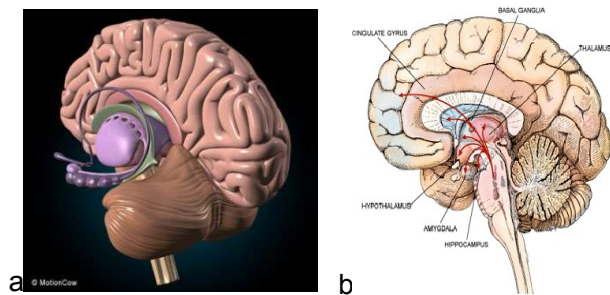
Ngày nhận bài: 15/01/2021; mời phản biện khoa học: 02/2021; chấp nhận đăng: 15/3/2021.

1. ĐẶT VẤN ĐỀ.

Trong hệ thống đào tạo khối ngành y - dược, các môn học y học cơ sở (YHCS) đóng vai trò hết sức quan trọng, trang bị cho học viên những kiến thức, khái niệm cơ bản về cơ thể người. Từ đó, là cơ sở để học viên nắm bắt và phát triển được các kiến thức chuyên sâu về các quá trình bệnh và điều trị khi tiếp xúc với khối kiến thức và thực hành trên lâm sàng, trên các bệnh nhân cụ thể. Những môn học YHCS như giải phẫu học, sinh lý học, mô phôi, sinh lý bệnh... cung cấp những kiến thức về đặc điểm cấu trúc - chức năng của các cơ quan, hệ cơ quan của cơ thể người; mối tương quan giữa cơ thể với môi trường và minh chứng cho sự liên quan chặt chẽ giữa các lĩnh vực hình thái (cấu trúc) và hoạt động (chức năng). Phục vụ những yêu cầu giảng dạy các môn YHCS, các mô hình minh họa về cấu trúc, chức năng cơ thể người là những phương tiện hỗ trợ không thể thiếu, đặc biệt trong

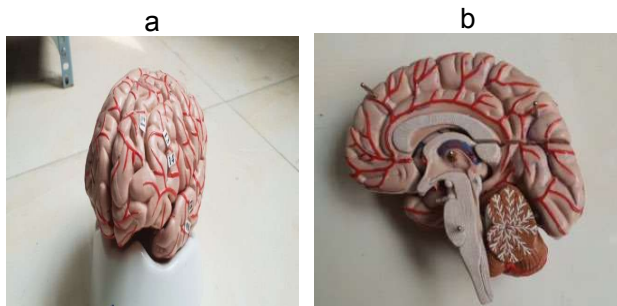
các nội dung giảng dạy, học tập về hình thái, giải phẫu, sinh lý và bệnh lý người. Các phương tiện này có thể là trên xác người hiến, tiêu bản, tranh hay mô hình (hình 1). Các công cụ đó nhằm giúp học viên có cái nhìn trực quan qua sử dụng thông tin hình ảnh (thị giác) và cảm nhận tiếp xúc trực tiếp. Các công cụ hình ảnh hay tranh vẽ có ưu điểm là sử dụng và lưu trữ khá thuận tiện, cung cấp được khái niệm về hình khối và đường nét ở góc độ nhất định, nhưng vẫn có những điểm hạn chế không thể phủ nhận được (chỉ là hình ảnh trong không gian 2 chiều) so với việc được học tập trực tiếp bằng phẫu tích trên xác hay các mô hình mô phỏng (cấu trúc thật, hình nổi phỏng theo cấu trúc giải phẫu, 3 chiều). Tuy nhiên, các yếu tố về định chế cho việc phụng hiến và văn hóa cho tới hiện tại nên hiện số lượng người hiến xác còn hạn chế, đặc biệt ở khu vực phía Bắc. Bên cạnh việc hạn chế về số lượng xác cho những hoạt động y khoa, việc giảng dạy

và học tập cho sinh viên trường y trên xác cũng có những điểm khó, như khó minh họa được những thành phần nhỏ, nằm sâu trong cơ thể (mạch máu hay các cấu trúc thần kinh), khó giúp hình dung để ước lượng được hình thể thực tế của những cấu trúc vốn không dễ xâm nhập (các nhân xám ở sâu trong não bộ, những cấu trúc không có hình thể cụ thể như hạnh nhân, não thất...). Thêm nữa, do hiện tượng mất nước và hiện tượng hoại tử mô trên xác, đặc biệt, ở các cơ quan có tỉ phần nước cao như thần kinh, mạch máu, gan, phổi, thận hay nhiều tạng thuộc hệ tiêu hóa... thì các cấu trúc phẫu tích trên xác sẽ không thể hiện được chính xác đặc điểm giải phẫu của cơ quan sống, nên các mô hình xác cũng có những nét khác biệt so với đặc điểm thực tế trên cơ thể sống.



Hình 1. Hình ảnh về mô hình hệ limbic sử dụng trong giảng dạy (a) và tranh vẽ hệ này (b).

Trong chương trình học tập tại Học viện Quân y, hình thái giải phẫu và sinh lý thần kinh trung ương là những nội dung học quan trọng và phức tạp (khó). Các phương tiện hỗ trợ học tập chủ yếu là các tranh vẽ trong các giáo trình cùng các mô hình minh họa với số lượng chưa nhiều. Một số mô hình giảng dạy hiện có về các cơ quan, gồm cả não bộ, thường chỉ mô tả hình ảnh đại thể, mặt ngoài các thùy của hai bán cầu đại não, cấu trúc sơ lược vùng gian não, tiểu não và thân não (Hình 2).



Hình 2. Mô hình não bộ, giới thiệu mặt ngoài (a) và trong (b), sử dụng tại Bộ môn Giải phẫu học, Học viện Quân y.

Các mô hình cấu trúc cơ thể người được sản xuất theo quy mô công nghiệp thường có chi phí trang bị cao và đa số chỉ mô tả được phần nào đặc điểm giải phẫu cơ bản của cơ thể (như các hồi não,

các thiết đồ cắt não nhất định và một số cấu trúc lớn dưới vỏ...), mà chưa có các mô hình thực bình thường hay những bất thường giải phẫu hoặc các bất thường bệnh lý được lấy mẫu trên một cá nhân cụ thể để giúp thấy rõ đặc điểm hình thái tương tự như thực tế. Cũng là một trong những công cụ hỗ trợ cho học tập giải phẫu, hiện đã có một số chương trình máy tính cung cấp hình ảnh giải phẫu 3 chiều hỗ trợ người học - người dạy, nhưng những hình ảnh này vẫn chỉ là hình ảnh dạng mô phỏng các mô hình giải phẫu.

Hiện nay, kĩ thuật chụp cộng hưởng từ (magnetic resonance imaging - MRI) được sử dụng để kiểm tra hầu hết các cơ quan trong cơ thể, đặc biệt, có giá trị trong việc chụp ảnh chi tiết não hoặc cấu trúc thần kinh cột sống. Chụp MRI não bộ cho hình ảnh chất lượng cao có độ phân giải và độ tương phản tốt, giúp đánh giá chi tiết các cấu trúc não, trong nhiều trường hợp là tốt hơn so với các kĩ thuật chẩn đoán hình ảnh khác như siêu âm, X quang và chụp cắt lớp vi tính, PET... (hình 3). Tuy nhiên, hình ảnh trên phim chụp MRI là các lát cắt não 2 chiều (minh họa trên hình 3). Nếu có thể sử dụng các kĩ thuật để phân định các cấu trúc não trên mỗi lát cắt và từ đó dựng hình ảnh 3 chiều sẽ cho ra hình ảnh các cấu trúc với kích thước thực ở người, qua đó có thể khảo sát và ứng dụng trong giảng dạy, nghiên cứu và hơn nữa, trong cả các kĩ thuật mô phỏng.



Hình 3. Hình ảnh chụp MRI sọ não trên thiết đồ đứng dọc.

Thuật ngữ in 3D (những thuật ngữ khác như “chế tạo in chồng dùng phụ gia”, “tạo mẫu nhanh”) đề cập tới sử dụng các dữ liệu 3 chiều để kiến tạo các vật thể theo tiến trình chế tác từng lớp. Được phát triển từ trên 30 năm trước để sản xuất các vật thể nhỏ theo yêu cầu khách hàng, tới nay kĩ thuật in 3D đã được sử dụng để làm các dụng cụ lắp giả (trong phục hồi, chỉnh hình), cấy ghép nha khoa... Kĩ thuật này hiện nay cho phép tạo nên các mô hình vật thể từ các dữ

liệu hình ảnh y khoa hoặc các cấu trúc thiết kế trên máy tính, như các dụng cụ lắp giả (chi giả...) và các mô hình. Sử dụng việc tạo tác 3D ảo trong hình ảnh y học góp phần làm tăng khả năng xác định về bệnh học, mô tả các liên quan giải phẫu phức tạp và góp phần cho lập kế hoạch can thiệp ngoại khoa. Như vậy, sự tiến bộ của phát minh in 3D cũng tác động tích cực tới cả kĩ thuật giảng dạy giải phẫu, các bệnh học phức tạp và cả rèn kỹ năng thực hành sử dụng các mô hình ba chiều và mô hình mô phỏng.

Xuất phát từ những vấn đề trên, nhóm nghiên cứu đã đặt vấn đề phát triển một số mô hình huấn luyện mô phỏng mới sử dụng kiến tạo kĩ thuật số và kĩ thuật in 3D từ hình ảnh MRI, với yêu cầu cơ bản cho các mô hình là phù hợp cho thực hiện các mục đích huấn luyện, đồng thời minh chứng cho mức độ hiện thực hóa cao và có thể sản xuất ở giá thành hợp lý của in 3D. Ở giai đoạn này chúng tôi lựa chọn tiến hành kĩ thuật tạo mô hình một số cấu trúc não bộ người từ phim chụp MRI theo phương pháp mới nhằm mục tiêu:

- Tạo ra hình ảnh 3 chiều một số cấu trúc não bộ từ phim chụp MRI của người.
- Sử dụng kĩ thuật in 3D để tạo ra các mô hình ứng dụng trong giảng dạy và mô phỏng.

2. NỘI DUNG KỸ THUẬT:

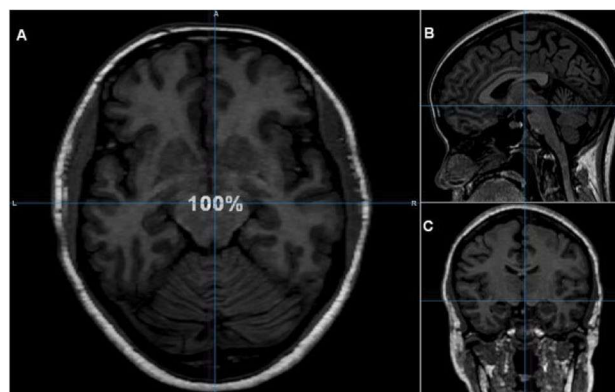
Kĩ thuật được tiến hành theo nguyên lí ứng dụng các chương trình phân tích, xử lí hình ảnh để phân định các vùng não (vỏ não, não thất, một số cấu trúc chính vùng gian não, nền não và thân não). Dữ liệu đầu vào về hình ảnh não bộ ở dạng 2 chiều (2D) định dạng DICOM - chuẩn sử dụng trong hình ảnh y học. Áp dụng các phần mềm xử lí hình ảnh, chuyển bộ hình ảnh DICOM để tạo ra các tập dữ liệu 3 chiều (3D) của các vùng não quan tâm. Các vùng não được xử lí và tạo lập hình ảnh 3D với định dạng phù hợp, có thể sử dụng trong trình chiếu, giảng dạy, được xuất ra dạng tệp in nổi gửi sang máy in 3D để tạo các mô hình cấu trúc hệ thần kinh trung ương.

Chụp MRI sử dụng từ trường và các sóng radio để tạo các hình ảnh với các lát cắt mỏng của mô (hình ảnh cắt lớp). Bình thường, các proton trong các mô sinh từ trường nhỏ và được sắp xếp ngẫu nhiên. Khi được bao bởi một từ trường mạnh của máy MRI, các trục từ sắp xếp dọc theo từ trường mạnh này. Một xung với tần số radio được sử dụng làm trục của nhiều proton sắp xếp theo hàng ngược với từ trường mạnh ở trạng thái năng lượng cao. Sau kích xung, các proton trở về sắp xếp cơ bản của chúng trong từ trường của máy MRI. Cường độ và tốc độ giải phóng năng lượng xảy ra khi các proton trở lại sắp xếp này (T1) và

khi chúng xoay (T2) được ghi lại về cường độ tín hiệu theo định vị không gian nhờ cuộn dò của máy MRI. Các thuật toán máy tính phân tích các hình ảnh này và cho ra các hình ảnh giải phẫu chi tiết, với các loạt hình theo từng chiều trong không gian, như: đứng dọc (sagittal), đứng ngang (coronal) và ngang (transaxial) (hình 4).

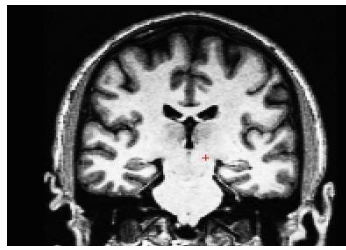
Hình ảnh MRI của người khỏe mạnh, bình thường được thu thập tại Bệnh viện Trung ương Quân đội 108 trong một nghiên cứu đang triển khai tại Bộ môn Sinh lí học, Học viện Quân y. Hình ảnh MRI cấu trúc não theo ba chiều không gian được thu thập trên hệ thống máy quét MRI 1.5 Tesla (Siemen, Đức), sử dụng chuỗi xung T1W trên mặt phẳng đứng dọc (sagittal) theo quy cách: độ dày lát cắt 1 mm với TR = 15 ms, TE = 5 ms, NEX = 1 ms, góc lật = 30°, trường quan sát FOV 25 x 25 cm; Matrix = 256 x 256. Mỗi đối tượng được chụp trên 300 lát cắt để bảo đảm lấy được toàn bộ tổ chức não (bao gồm cả xương sọ và các tổ chức phần mềm).

Hình ảnh được tái tạo và kiểm tra trực quan trong quá trình chụp, loại trừ hoàn toàn các yếu tố gây nhiễu do từ tính và do chuyển động của đối tượng. Hình ảnh chụp sọ não đại thể được bác sĩ chuyên khoa có kinh nghiệm phân tích sơ bộ, xác định đối tượng không mắc các bệnh lí hệ thần kinh trung ương và được lưu trữ ở tệp dữ liệu hình ảnh 2D định dạng DICOM. Dữ liệu hình ảnh cộng hưởng từ tiếp tục được chuyển định dạng từ DICOM sang dạng nén NIFTI (nii.gz) bằng phần mềm Mango ver 4.0.1. Hình ảnh MRI sọ não theo ba chiều dựng trên phần mềm Mango đạt yêu cầu cho phân tích tiếp được minh họa trên hình 4.

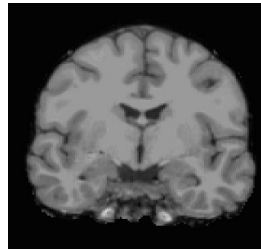


Hình 4. Hình ảnh MRI sọ não theo ba mặt phẳng: ngang (A), đứng dọc (B) và đứng ngang (C).

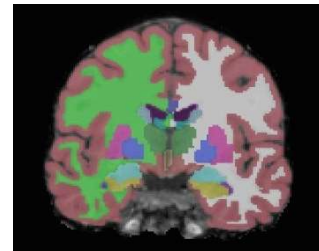
Tập dữ liệu được lưu ở dạng file nén nii.gz rồi tiếp tục được đưa vào phân tích bằng chương trình FreeSurfer ver 6.0 [1], [2] qua các bước trên hình 5 (dưới):



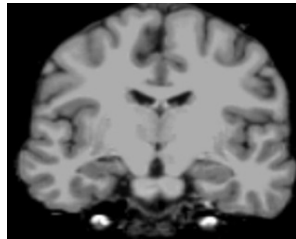
Bước 1: Nhập dữ liệu T1.



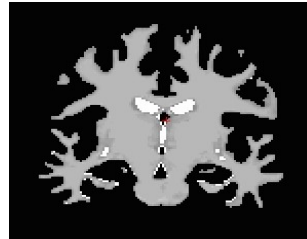
Bước 2: Hiệu chỉnh chuyển động, trục AC-PC và loại bỏ tổ chức không phải chất não.



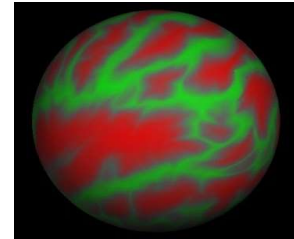
Bước 3: Xác định các tổ chức não.



Bước 4: Chuẩn hóa cường độ tín hiệu hình ảnh.



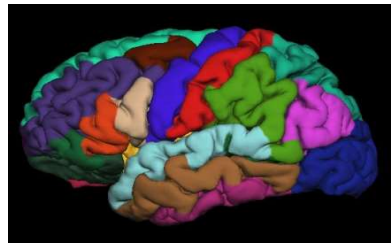
Bước 5: Xác định vùng chất trắng.



Bước 6: Xác định vùng vỏ não theo Atlas tham chiếu.



Bước 7: Xác định thể tích bề mặt.



Bước 8: Kí hiệu các vùng vỏ não và tính toán thể tích các vùng.

Structure	Number	Surface	GrayVol	Thickness	ThickStd	MeanCur	Gaussian	FoldInd	CurVol
bankssts	1157	811	1992	2.303	0.567	0.117	0.031	10	1.6
caudalinteroccipital	779	543	1908	3.472	0.676	0.185	0.064	26	1.8
caudalmidfrontal	3045	2137	5443	2.311	0.593	0.132	0.041	35	5.3
cuneus	1809	1195	2286	1.672	0.411	0.162	0.067	34	4.6
entorhinal	436	285	1269	2.871	0.881	0.119	0.037	5	0.6
fusiform	3307	2126	5161	2.100	0.680	0.144	0.064	71	8.7
inferiorparietal	5104	3514	8143	2.136	0.552	0.146	0.055	82	11.5
inferiortemporal	3746	2610	8752	2.683	0.748	0.170	0.132	140	18.0

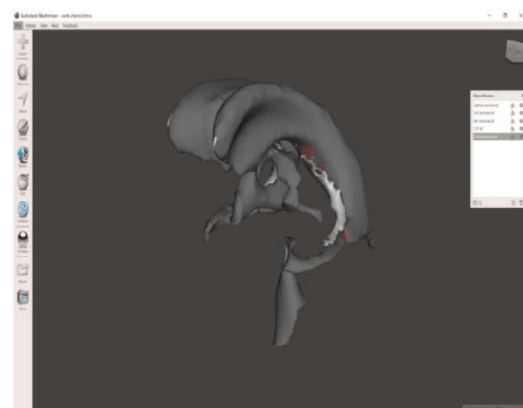
Bước 9: Xác định các chỉ số về thể tích, độ dày... của các vùng não quan tâm.

Hình 5. Các bước xử lý dữ liệu hình ảnh MRI trên chương trình FreeSurfer.

Hình ảnh về các phân vùng cơ bản của não bộ sau phân tích bằng chương trình FreeSurfer tiếp tục được đưa vào phân tích bằng phần mềm Slicer 3D để tạo lập tệp hình ảnh 3 chiều các cấu trúc não. Các phân vùng và các cấu trúc não tiếp tục được làm mượt (smoothing) rồi lưu trữ riêng rẽ mỗi cấu trúc ở dạng tệp .stl hoặc .obj (như trên các hình 6 và hình 7). Mô hình ở các tệp dữ liệu 3 chiều các cấu trúc não tiếp tục được kiểm tra thủ công để loại các khiếm khuyết còn sót và hoàn chỉnh trên chương trình Meshmixer (hình 7).

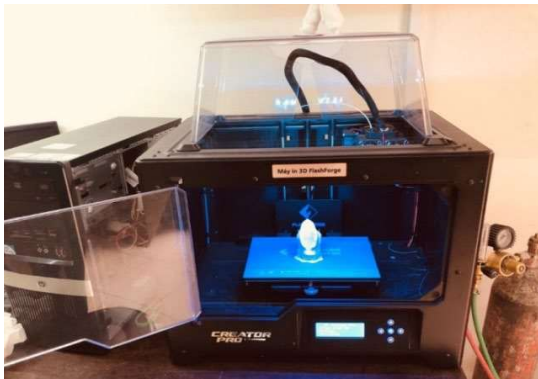


Hình 6. Các phân vùng não bộ (A) được phân tích, dựng hình bằng chương trình Slicer 3D. Hình ảnh MRI não theo mặt phẳng ngang (B), đứng dọc (C) và đứng ngang (D).



Hình 7. Hình ảnh não thất (màu tối) cùng đám rối mạch mạc (sáng màu) trên phần mềm Meshmixer.

Các mô hình này có thể được xuất ra dưới các định dạng tập ảnh thông thường (jpg, png, hay gif) hoặc được xuất ra dạng tệp in nổi (stl) gửi qua máy in 3D để tạo các mẫu vật với đặc điểm hình thái đồng nhất ở não người thể hiện trên phim chụp cộng hưởng từ (hình 8).



Hình 8. Máy in 3D FlashForge đang in mô hình thân não.

3. CÁC THIẾT BỊ CHÍNH THỰC HIỆN KỸ THUẬT:

Để thực hiện kỹ thuật này, cần sử dụng các trang thiết bị chính sau:

- Hệ thống các máy tính cấu hình cao để chạy các chương trình phân tích, xử lý hình ảnh 3 chiều.
- Máy in 3D.
- Phần mềm Mango 4.0.1.
- Phần mềm Freesurfer v6.0 chạy trên nền hệ điều hành Linux.
- Phần mềm Slicer 3D 4.8.1.
- Phần mềm Meshmixer hoặc các phần mềm có chức năng biên tập ảnh 3 chiều.
- Vật tư tiêu hao: Cuộn nhựa in PLA và ABS, sơn màu các loại.

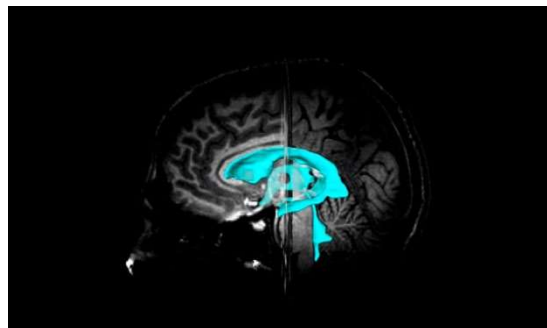
4. TÍNH MỚI, TÍNH SÁNG TẠO CỦA KỸ THUẬT:

- Tính mới, tính sáng tạo:

“Kỹ thuật tạo mô hình một số cấu trúc não bộ người sử dụng dựng hình phim chụp MRI theo phương pháp mới” là kỹ thuật lần đầu tiên được ứng dụng thành công trong nước, tạo được mô hình các cấu trúc não bộ dạng tập dữ liệu mềm hoặc dạng vật liệu cứng. Từ đó, có thể ứng dụng được hiệu quả trong giảng dạy và nghiên cứu, mô phỏng.

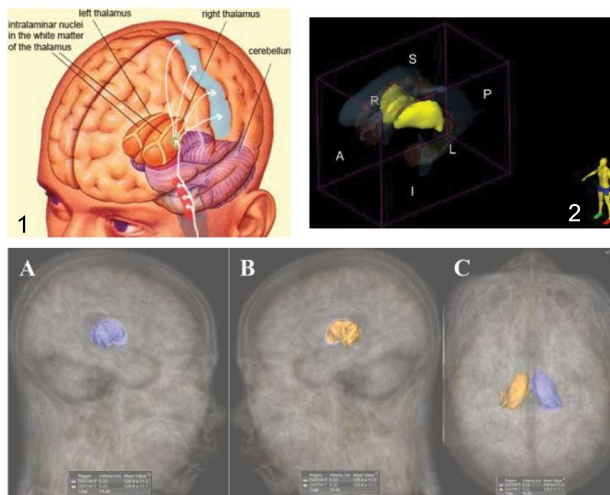
Nhóm kỹ thuật đã nghiên cứu thành công, xây dựng và hoàn chỉnh quy trình phân tích, xử lý hình ảnh, tạo mô hình 3D từ phim chụp MRI não bộ. Các mô hình cấu trúc não bộ thể hiện chính xác đặc điểm cấu trúc não bộ ở người sống và qua khảo sát sơ bộ thấy có những đặc điểm không thực sự tương đồng với các mô hình giải phẫu về não thường được sử dụng trong giảng dạy hiện nay.

Cụ thể, khác với mô hình giải phẫu được minh họa trong chương trình học Giải phẫu, Sinh lý hiện nay là sử dụng các hình ảnh, mô hình chế tạo công nghiệp. Qua khảo sát não thất của 60 người Việt Nam khỏe mạnh, bình thường, từ 20-87 tuổi thấy, chỉ có 4 người có tồn tại sừng chằm một cách rõ ràng. Như vậy, rất có thể sừng chằm chỉ xuất hiện rõ trên hình ảnh phẫu tích não bộ trên xác hoặc trong các tình trạng tăng áp lực não thất mà ở người khỏe mạnh, bình thường không thấy xuất hiện (hình 9).



Hình 9. Hình ảnh thực tế các não thất (màu xanh) trên nền hình ảnh chụp MRI đã được làm mờ nhìn từ mặt bên (lateral AP view).

Khác biệt nữa có thể thấy là hình ảnh của đồi thị. Đồi thị thường được mô tả về hình thái là một cấu trúc kép có hình bầu dục (hình 10.1) nhưng thực tế qua phân tích, dựng lại hình ảnh thấy, đồi thị có dạng kép với cấu trúc mỗi bên tương tự một hình bán cầu dẹt (hình 10.2). Kết quả về hình ảnh của đồi thị cũng tương tự như trong báo cáo của Nguyễn PT và cộng sự, khi tác giả đo đạc đặc điểm hình thái của đồi thị ở người Việt Nam trưởng thành bình thường bằng cộng hưởng từ khuếch tán 3.0 Tesla (hình 10. A, B, C) [3].



Hình 10. Hình ảnh đồi thị trong hình minh họa (1); cấu trúc-chức năng, trong thực tế sáng kiến (2) và trong báo cáo của Nguyễn PT và cs (A: đồi thị phải; B: đồi thị trái; C: đồi thị nhìn từ trên [3]).

Kỹ thuật tạo hình ảnh 3 chiều các cấu trúc não giúp chủ động trong tạo dựng các mô hình não bộ. Đặc biệt, là mô hình về các cấu trúc thuộc vùng gian não (đồi thị, thể chai, hồi hải mã, hạnh nhân...) hay cấu trúc của các não thất. Kỹ thuật này mở ra một phương pháp tiếp cận mới trong việc giảng dạy, nghiên cứu về các đặc điểm cấu trúc, chức năng của não bộ ở người bình thường cũng như trong một số tình trạng bệnh lý của hệ thần kinh trung ương. Bên cạnh đó, song hành với kỹ thuật đánh giá qua các phương pháp phân tích bằng các thuật toán chạy trên máy tính, việc xây dựng quy trình và in thành công mô hình các cấu trúc não cũng giúp đo đạc được một cách trực quan các đặc điểm về kích thước, thể tích các cấu trúc này. Kỹ thuật về hình ảnh 3 chiều không chỉ góp phần làm rõ các liên hệ của các cấu trúc trong điều kiện bình thường, mà từ đó còn cho thấy được đặc điểm thay đổi thể tích, kích thước não bộ liên quan tới các đặc điểm sinh lý (tuổi, giới tính, chủng tộc) hay bệnh lý (tâm thần phân liệt, sa sút trí tuệ, Parkinson,...). Những ưu điểm của giải pháp kỹ thuật này còn có thể ứng dụng cho lâm sàng (liên quan quan sát, lập kế hoạch can thiệp ngoại khoa) và rộng rãi hơn là mô phỏng trong y học.

Mô phỏng là một phương pháp thường được sử dụng và có hiệu quả trong huấn luyện nghề nghiệp y khoa để thực hiện các quy trình trên người. Những mô hình huấn luyện là các mô hình có độ tin cậy được thiết kế để mô phỏng thực hiện các kỹ thuật và thường được sử dụng trong y khoa. Tuy nhiên, các mô hình kỹ thuật chuyên dụng này thường đắt và hạn chế trên thị trường. Qua quá trình thực hiện thành công như đề cập ở trên, vừa cho thấy mức độ hiện thực cao và có thể sản xuất nội bộ các mô hình cho giảng dạy trong YHCS, gợi ý cho việc nghiên cứu phát triển các mô hình huấn luyện mô phỏng mới sử dụng kiến tạo kỹ thuật số cả cho thực hiện các mục đích huấn luyện nghề nghiệp, lâm sàng với khả năng tạo tác của nội bộ cơ sở đào tạo.

- Các điều kiện thực hiện kỹ thuật:

+ Có các trang thiết bị phù hợp để chạy được các chương trình xử lý, phân tích hình ảnh 3D.

+ Đội ngũ làm kỹ thuật có kiến thức về giải phẫu, sinh lý não bộ và đặc biệt là kiến thức về hình ảnh não bộ trên phim MRI. Đồng thời, có kỹ năng phân tích, xử lý hình ảnh 3 chiều và chế tác, in 3D.

5. KẾT LUẬN.

Nhóm kỹ thuật đã nghiên cứu thành công, xây dựng và hoàn chỉnh quy trình phân tích, xử lý hình ảnh, tạo mô hình 3D từ phim chụp MRI não bộ.

Các mô hình cấu trúc não thể hiện chính xác đặc điểm cấu trúc não bộ ở người sống và qua khảo sát sơ bộ thấy có những đặc điểm không thực sự tương đồng với các mô hình giải phẫu về não thường được sử dụng trong giảng dạy hiện nay

Qua nghiên cứu, chúng tôi đề xuất, kiến nghị:

- Tạo điều kiện, đầu tư để có thể chế tạo thêm nhiều mô hình giải phẫu, sinh lý, bệnh lý theo phương pháp in 3D phục vụ trong giảng dạy và trong nghiên cứu.

- Nghiên cứu tiếp về xây dựng các mô hình huấn luyện mô phỏng trên cơ sở giải pháp kỹ thuật này, ứng dụng trong đào tạo kỹ năng nghề nghiệp.

TÀI LIỆU THAM KHẢO:

1. Desikan RS, Ségonne F, Fischl B, et al. (2006) An automated labeling system for subdividing the human cerebral cortex on MRI scans into gyral based regions of interest. *Neuroimage*, 31(3): 968-980.
2. Reuter M, Rosas HD, Fischl B (2010) Highly accurate inverse consistent registration: a robust approach. *Neuroimage*, 53(4):1181-1196.
3. Nguyễn PT, Khánh L, Bắc ND (2017), "Nghiên cứu đặc điểm, hình thái của đồi thị ở người trưởng thành bình thường bằng cộng hưởng từ khuếch tán 3.0 Tesla", *Tạp chí Y - Dược học quân sự*, số chuyên đề hình thái học, tr. 64-71. □

NGHIÊN CỨU GIÁ TRỊ ĐẶC ĐIỂM DƯỢC DI TRUYỀN CYP3A5...

(Tiếp theo trang 189)

4. Chen L and G.V.R Prasad (2018), "CYP3A5 polymorphisms in renal transplant recipients: influence on tacrolimus treatment", *Pharmacogenomics and personalized medicine*, 11: p. 23-33.

5. Vannaprasaht S et al (2013), "Personalized tacrolimus doses determined by CYP3A5 genotype for induction and maintenance phases of kidney transplantation", *Clin Ther*, 35 (11): p. 1762-9.

6. Passey C et al (2011), "Dosing equation for tacrolimus using genetic variants and clinical factors", *British journal of clinical pharmacology*, 72 (6): p. 948-957.

7. Brunet M et al (2019), "Therapeutic Drug Monitoring of Tacrolimus-Personalized Therapy: Second Consensus Report", *Therapeutic Drug Monitoring*, 41: p. 1.

8. Htun Y.Y, H.K Swe, and T.M Saw (2018), "CYP3A5*3 Genetic Polymorphism and Tacrolimus Concentration in Myanmar Renal Transplant Patients", *Transplant Proc*, 50 (4): p. 1034-1040. □