

Xây dựng mô hình thực nghiệm, đánh giá độ chính xác của phép đo thể tích trong phân độ hoại tử vô khuẩn chỏm xương đùi dựa trên ảnh cộng hưởng từ

Lâm Khánh*; Phạm Đình Sáng*

TÓM TẮT

Trong phân độ hoại tử vô khuẩn chỏm xương đùi (CXĐ), tỷ lệ giữa thể tích vùng tổn thương và thể tích CXĐ có vai trò quan trọng. Để xác định các thể tích này, người ta thường dùng phần mềm đo thể tích (Analysis, 3D-Doctor hay OsiriX...). Tuy nhiên, độ chính xác của phép đo phụ thuộc vào bề dày lát cắt trên cộng hưởng từ và kỹ năng của người vẽ đường ranh giới.

Để đánh giá độ chính xác của phép đo thể tích, chúng tôi xây dựng mô hình thực nghiệm: dùng 20 quả táo ta có kích thước lớn để mô phỏng CXĐ, hạt táo được coi là ổ hoại tử. Xác định thể tích của quả táo và hạt táo bằng hai phương pháp: xác định thể tích thực thông qua thể tích nước bị chiếm chỗ và đo thể tích trên máy tính dựa vào nội suy. Đánh giá độ chính xác của phép đo sai số tuyệt đối và tỷ lệ % của sai số. Xác lập khoảng tin cậy ($\pm 5\%$ so với thể tích thực), phép đo thể tích chỉ được chấp nhận khi nằm trong khoảng tin cậy này.

* Từ khóa: Hoại tử vô mạch; Chỏm xương đùi; Cộng hưởng từ; Mô hình; Phần mềm.

Building an experimental model, assessing the accuracy of volume measurement in classifying the grade of aseptic necrosis on mri

SUMMARY

In the aseptic necrosis of the femoral head, the ratio of the lesion volume and the volume of the femoral head plays an important role. To determine these volumes, the volume measurement softwares (Analysis, 3D Doctor or OsiriX...) are used. However, accuracy of measurements depends on the slice thickness on magnetic resonance and skill of person who draws boundaries.

To assess the accuracy of the volume measurement, we built an experimental model, which used 20 jujubes of great size to simulate "the femoral heads" and jujube seeds were considered to be "necroses". Volume of jujubes and their seeds were determined by two methods: determine the real volume through the water volume occupied and measure the volume on computer, based on interpolation. Absolute error and error rate in percentage were used to evaluate the accuracy of the measurements. A confidence interval was established ($\pm 5\%$ compared with net volume), in which the measurement volume can only be accepted if it lies within the confidence interval.

* Key words: Avascular necrosis; Femoral head; Magnetic resonance imaging; Model; Software.

* Bệnh viện TWQĐ 108

Phản biện khoa học: GS. TS. Lê Gia Vinh

ĐẶT VẤN ĐỀ

Hoại tử vô khuẩn CXĐ là bệnh lý mà

CXĐ bị phá hủy do ngừng cung cấp máu. Thiếu máu mạn tính CXĐ làm cho tế bào xương và tủy chết, dẫn đến xẹp, biến dạng

chỏm, mất chức năng khớp háng và cuối cùng là tàn phế. Dựa vào hình thái của tổn thương trên phim X quang, CT, đặc biệt là MRI và thể tích của vùng tổn thương, phân tổn thương thành 6 độ (từ độ I - độ VI), riêng các độ I - V lại được chia thành các mức A, B, C [1]. Bác sỹ sẽ quyết định phương pháp điều trị dựa vào độ tổn thương (khoan giảm áp và tiêm tế bào gốc tự thân đối với độ I, II; phẫu thuật thay chỏm với độ VI).

Để đo được thể tích của CXĐ và thể tích ổ hoại tử, một số tác giả dùng phần mềm Analysis, 3D-Doctor, OsiriX [2, 7, 8]... Nguyên lý đo thể tích của các phần mềm này dựa vào phép nội suy, suy ra thể tích căn cứ vào diện tích của vùng quan tâm trên từng lát cắt và bề dày lát cắt. Như vậy, độ chính xác của phép đo phụ thuộc vào việc vẽ đường ranh giới và bề dày lát cắt. Đường ranh giới càng chính xác, bề dày lát cắt càng mỏng, độ chính xác càng cao.

MRI là phương tiện chẩn đoán không sử dụng bức xạ ion hoá, có khả năng phát hiện sớm nhất và nhạy nhất hoại tử vô khuẩn CXĐ nhờ có độ phân giải không gian và độ tương phản tổ chức cao [3, 5, 7, 9]. Hình ảnh MRI sau chụp có thể chuyển vào máy tính cá nhân (PC) có cài đặt phần mềm đo thể tích, qua đó xác định được thể tích ổ tổn thương, thể tích CXĐ và phân độ hoại tử, định hướng cho các phương pháp điều trị can thiệp hay đánh giá đáp ứng của chỏm sau điều trị.

Tuy nhiên, có hai câu hỏi được đặt ra: (1) Với bề dày lát cắt được áp dụng trên MRI, liệu phép nội suy thể tích có chính xác

hay không? (2) Kỹ năng của người vẽ đường ranh giới có đảm bảo độ tin cậy hay không? Để trả lời hai câu hỏi này, chúng tôi xây dựng mô hình thực nghiệm nhằm: *Đánh giá độ chính xác của phép đo thể tích của phần mềm 3D-Doctor trên mô hình thực nghiệm và xây dựng khoảng tin cậy để đánh giá kỹ năng của người sử dụng phần mềm.*

ĐỐI TƯỢNG VÀ PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

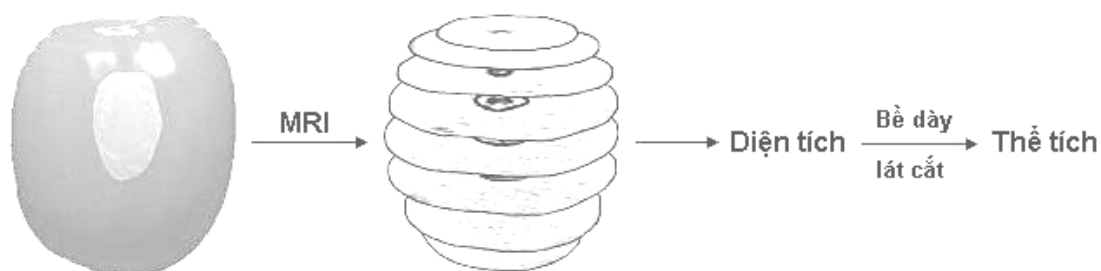
1. Đối tượng nghiên cứu.

20 quả táo ta có hình thể khác nhau và kích thước lớn mô phỏng CXĐ, hạt táo được coi là ổ hoại tử. Mục đích chính của mô hình này là tính toán sai số của phép đo thể tích trên hình ảnh MRI, không phải mô phỏng hình ảnh giải phẫu các bộ phận cơ thể người. Trên thí nghiệm định hướng cho thấy, quả táo và hạt của nó hiện hình tốt trên ảnh T2W với đường ranh giới khá rõ.

2. Phương pháp nghiên cứu.

Chụp cắt lớp 20 quả táo trên máy MRI Achieva 3Tesla của hãng Philips (Hà Lan) sử dụng xung T2W (TR = 4.000 ms, TE = 80 ms) ở mặt cắt ngang, chiều dày lát cắt 2 mm. Tái tạo lại hình ảnh sau chụp với chiều dày lát cắt 1 mm, sau đó chuyển sang máy tính cá nhân qua đĩa CD. Sử dụng phần mềm 3D-Doctor để vẽ đường ranh giới của CXĐ và ổ hoại tử trên tất cả các lát cắt, qua đó biết được diện tích của vùng quan tâm. Dựa vào bề dày lát cắt, thông qua phép nội suy, tính được các thể tích cần đo.

Xác định thể tích thực của CXĐ và ổ tổn thương dựa vào thể tích nước bị chiếm chỗ, đo bằng bơm tiêm và bình đo thể tích (thả quả táo hay hạt táo vào một bình nước đầy và xác định thể tích nước trào ra ngoài).



Hình 1: Nguyên lý đo thể tích quả táo và hạt táo bằng phần mềm 3D-Doctor.

Công thức tính sai số:

- Sai số tuyệt đối của mỗi phép đo = $|V_{\text{thực}} - V_{\text{đo}}|$. Đơn vị tính: mm^3 .

- Tỷ lệ sai số (%) = $\text{sai số tuyệt đối} / V_{\text{thực}} = (|V_{\text{thực}} - V_{\text{đo}}| / V_{\text{thực}}) \times 100$.

Dùng biểu đồ để hiển thị sai số của phép đo và xác định khoảng tin cậy khi vẽ đường ranh giới.

KẾT QUẢ NGHIÊN CỨU

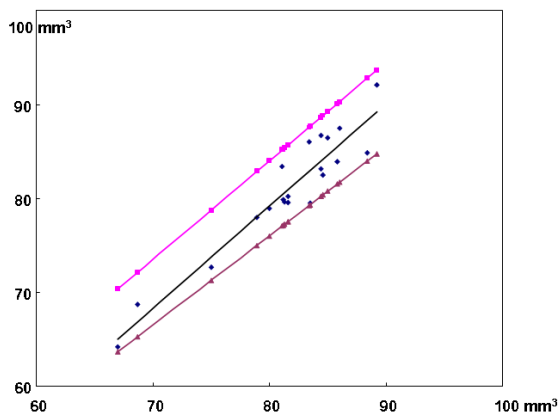
Cả 20 mô hình nghiên cứu đều hiện ảnh tốt đối với xung T2W trên mặt cắt ngang. Có thể dễ dàng vẽ đường ranh giới của những vùng quan tâm.

Bảng 1: So sánh thể tích thực và thể tích đo được của CXĐ và ổ hoại tử trên máy tính ($n = 20$).

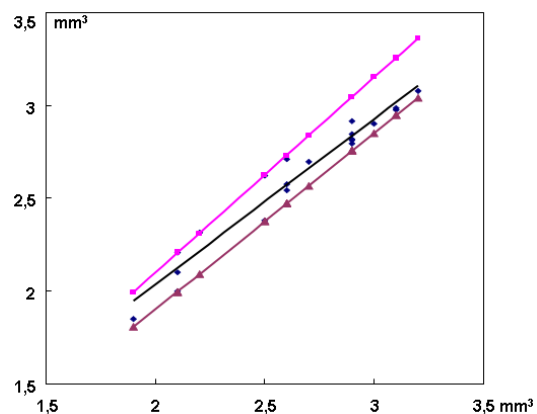
CHÔM XƯƠNG ĐÙI				Ổ HOẠI TỬ			
V thực (mm^3)	V đo (mm^3)	Sai số (mm^3)	Tỷ lệ sai số (%)	V thực (mm^3)	V đo (mm^3)	Sai số (mm^3)	Tỷ lệ sai số (%)
81,6	79,529	2,071	2,538	2,7	2,696	0,004	0,148
86,0	87,449	1,449	1,685	2,6	2,707	0,107	4,115
81,6	80,192	1,408	1,725	2,9	2,912	0,012	0,414
84,6	82,501	2,099	2,481	2,1	2,206	0,106	5,048
68,7	68,670	0,03	0,044	2,9	2,844	0,056	1,931
78,9	77,934	0,966	1,224	2,6	2,573	0,027	1,038
83,4	85,991	2,591	3,107	3,2	3,079	0,121	3,781
80,0	78,944	1,056	1,32	2,5	2,622	0,122	4,88
75,0	72,665	2,335	3,113	2,2	2,314	0,114	5,182
67,0	64,154	2,846	4,248	2,9	2,813	0,087	3
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)
84,4	86,728	2,328	2,758	3,1	2,982	0,118	3,806

84,4	83,112	1,288	1,526	1,9	1,85	0,05	2,632
81,2	79,887	1,313	1,617	2,1	1,998	0,102	4,857
85,8	83,907	1,893	2,206	2,5	2,379	0,121	4,84
88,4	84,877	3,523	3,985	2,9	2,814	0,086	2,966
81,3	79,635	1,665	2,048	2,9	2,791	0,109	3,759
81,1	83,379	2,279	2,81	2,6	2,543	0,057	2,192
89,2	92,082	2,882	3,231	3	2,902	0,098	3,267
85,0	86,432	1,432	1,685	3,1	2,976	0,124	4
83,5	79,470	4,03	4,826	2,1	2,101	0,001	0,048
Sai số trung bình		$1,97 \pm 0,21 \text{ mm}^3$	2,4%	Sai số trung bình		$0,08 \pm 0,04 \text{ mm}^3$	3,1%

Sai số tuyệt đối khi đo thể tích CXĐ lớn hơn sai số tuyệt đối khi đo thể tích ổ hoại tử, tuy nhiên, khi so sánh sai số này với thể tích thực, tỷ lệ sai số trung bình của ổ hoại tử lại lớn hơn so với CXĐ.



Biểu đồ 1: Sai số và khoảng tin cậy khi đo thể tích CXĐ.



Biểu đồ 2: Sai số và khoảng tin cậy khi đo thể tích ổ hoại tử.

(Chú thích:

- Đường thẳng trên cùng (cận trên) biểu diễn giá trị thể tích thực cộng thêm 5%.
- Đường thẳng giữa biểu diễn khuynh hướng phân bố giá trị của các thể tích đo được trên máy tính.
- Đường thẳng dưới cùng (cận dưới) biểu diễn giá trị thể tích thực trừ đi 5%.
- Khoảng cách giữa cận trên và cận dưới là khoảng tin cậy. Chỉ những giá trị nằm trong khoảng tin cậy mới được chấp nhận).

Tất cả những giá trị thể tích đo được (V đo) ở trên đều nằm trong khoảng tin cậy.

BÀN LUẬN

1. Mô hình nghiên cứu.

Quả táo ta, kích thước lớn có đặc điểm hình thể tương đối giống với CXĐ. Phần cùi táo chứa nhiều nước nên hiện ảnh khá tốt đối với xung T2W. Do có hình thể tương đối tròn nên khá dễ dàng xác định chính xác thể tích thực của quả táo. Trong quá trình nghiên cứu, chúng tôi đã nghĩ tới khả năng dùng CXĐ của bệnh nhân sau khi cắt bỏ để mô phỏng, tuy nhiên, gặp những khó khăn như: khó có được một số lượng chỏm vừa đủ để thống kê; khó tạo được mô hình của ổ hoại tử ở trong lòng chỏm; không thuận lợi trong việc đo thể tích thực vì cần phải cắt rời phần chỏm ra khỏi phần thân xương đùi. Ổ hoại tử là hạt quả táo cũng có những đặc điểm tương tự ổ hoại tử thật, vỏ của hạt không chứa nước nên trống tín hiệu trên ảnh T2W, tương tự hiện tượng dày xương ở đường viền của ổ hoại tử [5]. Tóm lại, quả táo ta đạt được các tiêu chí về số lượng, khả năng hiện ảnh, mô phỏng được bệnh lý của cả CXĐ và ổ hoại tử, dễ dàng đo thể tích thực. Kinh nghiệm trong quá trình chụp cho thấy, ảnh T1W cung cấp ít thông tin về hình thể so với ảnh T2W, có thể, do tỷ lệ nước trong quả táo khá cao, vì thế chúng tôi chỉ sử dụng xung T2W. Mặt cắt ngang là mặt cắt cơ bản của phương pháp chụp cắt lớp, chỉ riêng mặt cắt này đã cung cấp đầy đủ thông tin về diện tích, dựa vào chiều dày lát cắt sẽ nội suy ra thể tích. Do đó, chúng tôi không dùng thêm mặt cắt đứng dọc và đứng ngang.

2. Phần mềm 3D-Doctor.

Trong quá trình nghiên cứu, chúng tôi đã thử nghiệm một số phần mềm đo thể tích như Analysis, 3D-Doctor, OsiriX. Mỗi phần mềm đều có những ưu, khuyết điểm riêng. OsiriX có ưu điểm vượt trội về mặt hình ảnh, cho phép tạo ảnh với độ phân giải cao, có nhiều thanh công cụ phù hợp để đo thể tích. Tuy nhiên, phần mềm này hoạt động trên nền hệ điều hành Macintosh, không phổ biến ở Việt Nam, giá thành mua máy tính cao. Phần mềm 3D-Doctor có các tính năng tương tự như OsiriX, nhưng hoạt động dựa trên hệ điều hành Windows nên khá thuận lợi đối với người sử dụng. Phần mềm Analysis yêu cầu phải có bản quyền. Những phần mềm này, ngoài chức năng đo thể tích, còn có nhiều tính năng khác như: dựng hình 3D của chỏm và của ổ hoại tử, lồng hình 3D của ổ hoại tử vào trong lòng chỏm, tạo hình chỏm trong suốt để dễ dàng định vị ổ hoại tử trong lòng chỏm (rất quan trọng đối với điều trị khoan giảm áp), nhận biết tự động đường ranh giới, tiết kiệm thời gian và tăng độ chính xác của phép đo. Đó là lý do chúng tôi chọn phần mềm 3D-Doctor trong nghiên cứu của mình.

3. Bề dày lát cắt.

Trong phép đo thể tích và dựng hình 3D, bề dày lát cắt luôn giữ vai trò quan trọng, nó quyết định độ chính xác của phép đo và chất lượng hình ảnh 3D. Bề dày lát cắt càng mỏng, độ chính xác của phép đo và chất lượng hình ảnh 3D càng cao. Đối với chụp cắt lớp vi tính (CT), bề dày lát cắt có thể đạt tới 0,5 mm. Đối với MRI khớp háng (trên máy MRI 3 Tesla), bề dày lát cắt 2 mm, cho hình ảnh với đường ranh giới rõ. Nếu bề dày < 2 mm, sẽ có sự tương tác giữa các lớp cắt với nhau, chất lượng hình ảnh không cao. Để tạo ra hình ảnh 3D có chất lượng cao, hình ảnh sau chụp được tái tạo lại với bề dày lát cắt 1 mm hoặc dùng chức năng Smooth làm trơn đường ranh giới khoảng 3 lần.

4. Kỹ năng của người sử dụng phần mềm.

Kỹ năng của người vẽ đường ranh giới quyết định giá trị thể tích. Người vẽ phải có kiến thức và kinh nghiệm xác định đường ranh giới của tổn thương, dùng chuột máy tính vẽ đường ranh giới chính xác, gần với đường ranh giới thực. Với những vùng tổn thương có đường vào hẹp, cần phóng to ảnh đến kích thước đủ lớn để đưa công cụ vào chỉnh sửa đường ranh giới. Bác sỹ với kiến thức và tay nghề khác nhau sẽ đo được các thể tích khác nhau. Tỷ lệ sai số khi đo thể tích CXĐ bằng phần mềm so với thể tích thực là 2,4%. Tỷ lệ sai số khi đo thể tích ổ hoại tử là 3,1%. Như vậy, thể tích càng nhỏ, sai lệch càng lớn. Cả 2 chỉ số này đều < 5%, đây là tỷ lệ thường được chấp nhận trong y tế. Căn cứ vào tỷ lệ này, chúng tôi lập ra khoảng tin cậy, tức vùng nằm giữa cận trên (cộng 5% thể tích thực) và cận dưới (trừ 5% thể tích thực). Trên cơ sở thể tích thực, đánh giá kỹ năng của người đo. Để luyện kỹ năng cho các bác sỹ trẻ, cần cho họ luyện trên những hình ảnh có sẵn, cho đến khi có thể vẽ được đường ranh giới trong giới hạn cho phép.

Những sai số đề cập ở trên là sai số hệ thống, mọi đo đạc dù cẩn thận đến đâu cũng không thể tránh khỏi sai số. Muốn giảm sai số này chỉ có cách tăng kích thước ma trận hay độ tương phản của các chi tiết trong hình ảnh. Ma trận áp dụng trong nghiên cứu này là 512 x 512 pixel (hình ảnh của một lát cắt được hiển thị bởi 512 x 512 pixel). Thể tích càng nhỏ, số điểm ảnh thể hiện thể tích đó càng ít và ngược lại. Ổ hoại tử hay hạt tảo được thể hiện bằng số điểm ảnh nhỏ hơn nhiều so với chòm, có khi chỉ vài chục pixel. Muốn vẽ đường ranh giới chính xác, cần ảnh có độ phân giải cao, tức là kích thước ma trận lớn. Do đó, phải nâng cấp phần cứng mới có thể làm tăng kích thước ma trận. Độ tương phản của các chi tiết trong hình ảnh cũng liên quan đến sai số hệ thống. Mặc dù đường ranh giới của củi tảo và hạt tảo tương đối rõ trên ảnh T2W, tuy nhiên không phải tất cả mọi vị trí đều dễ phân biệt, điều này góp phần tạo nên sai số giữa thể tích đo và thể tích thực. Về lý thuyết, để giảm bớt sai số này, cần tăng độ tương phản giữa hạt tảo và củi tảo: ngâm tẩm quả tảo với thuốc đối quang từ trước khi chụp, tuy nhiên, biện pháp này chưa được áp dụng. Các xung chụp: T1W, T2W FLAIR, Perfusion, Diffusion hay cộng hưởng từ phổ trong thí nghiệm định hướng đều không có tác dụng tăng độ tương phản. Có thể nói, với một phương pháp đo cụ thể, tất yếu sẽ có một sai số hệ thống nhất định. Mọi nỗ lực của phép đo không thể giảm sai số thấp hơn sai số hệ thống. Thay đổi phương pháp đo sẽ làm thay đổi sai số hệ thống.

KẾT LUẬN

Quả tảo ta và hạt của nó là mô hình mô phỏng tương đối giống CXĐ và ổ hoại tử, có thể dùng để đánh giá độ chính xác của phép đo thể tích và kỹ năng của người sử dụng phần mềm. Việc tạo ra khoảng tin cậy giúp đánh giá kỹ năng của người vẽ đường ranh giới. Các sai số trong nghiên cứu này nói chung chấp nhận được.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. Association research circulation osseous. Committee on terminology and classification. B ARCO News. 1992, 4, pp.41-46.
2. Roshan A, Ram S. The neglected femoral neck fracture in young adults: review of a challenging

problem. Clin Med Res. 2008, 6 (1), pp.33-39.

3. Boraiah S, Dyke J.P, Hettrich C, Parker R.J, Miller A, Helfet D, et al. Assessment of vascularity of the femoral head using gadolinium (Gd-DTPA)-enhanced magnetic resonance imaging: a cadaver study. J Bone Joint Surg Br. 2009, 91 (1), pp.131-137.

4. Manaster B.J. From the RSNA refresher courses. Radiological society of North America. Adult chronic hip pain: radiographic evaluation. Radiographics. 2000, 20, pp.3-25.

5. Khanna A.J, Yoon T.R, Mont M.A, Hungerford D.S, Bluemke D.A. Femoral head osteonecrosis: detection and grading by using a rapid MR imaging protocol. Radiology. 2000, 217 (1), pp.188-192.

6. Lee J.H, Dyke J.P, Ballon D, Ciombor D.M., Tung G., Aaron R.K. Assessment of bone perfusion with contrast-enhanced magnetic resonance imaging. Orthop Clin North Am. 2009, 40 (2), pp.249-257.

7. May D.A, Disler D.G. Screening for avascular necrosis of the hip with rapid MRI: preliminary experience. J Comput Assist Tomogr. 2000, 24 (2), pp.284-287.

8. Tiderius C, Jaramillo D, Connolly S, Griffey M., Rodriguez D.P., Kasser J.R. et al. Post-closed reduction perfusion magnetic resonance imaging as a predictor of avascular necrosis in developmental hip dysplasia: a preliminary report. J Pediatr Orthop. 2009, 29 (1), pp.14-20.

9. Yeh L.R, Chen C.K, Huang Y.L, Pan H.B, Yang C.F. Diagnostic performance of MR imaging in the assessment of subchondral fractures in avascular necrosis of the femoral head. Skeletal Radiol. 2009, 38 (6), pp.559-564.