

VACUUM BLOOD TUBES: DEVELOPMENT AND APPLICATIONS IN MODERN MEDICINE

Nguyen Minh Son¹, Lam Kien Thanh¹, Phan Viet Anh Viet Vuong², Le Van Chuong^{1*}

¹Faculty of Medical Technology, Van Lang University - 69/68 Dang Thuy Tram, Binh Thanh district, Ho Chi Minh city, Viet Nam

²Research and Development Department, Wembley Medical Company - High-Tech Park, Thu Duc city, Ho Chi Minh city, Viet Nam

Received: 18/02/2025

Revised: 28/3/2025; Accepted: 09/4/2025

ABSTRACT

Objective: To review the development, characteristics, advantages, and challenges of vacuum blood collection tubes in clinical testing compared to traditional methods.

Methods: Literature search was conducted on PubMed, from 2010-2024 using keywords: “vacuum blood collection tubes”, “preanalytical errors”, “hemolysis”, “sample quality”... Selection criteria included studies on sample quality, preanalytical factors, and hemolysis reduction solutions.

Results: Vacuum blood collection tubes significantly improve sample quality, efficiency, and safety compared to traditional methods. Hemolysis remains a major challenge, especially in emergency departments (rates up to 35%), and pediatric specimens. Using smaller volume tubes (2 mL versus 6 mL) can decrease hemolysis rates from 11.8% to 2.9%. Proper tube selection, correct sampling technique, and staff training are important factors affecting sample quality.

Conclusion: Vacuum blood collection tubes provide significant benefits in reducing pre-analytical errors, enhancing safety protocols, and cost-effectiveness. Current research trends focus on developing patient-specific tubes and integration with automated systems.

Keywords: Blood specimen collection, preanalytical phase, hemolysis, sample quality, clinical laboratory techniques.

*Corresponding author

Email: chuongmedtech@ump.edu.vn **Phone:** (+84) 989984145 **Https://doi.org/10.52163/yhc.v66iCD4.2335**

ỐNG LẤY MÁU CHÂN KHÔNG: SỰ PHÁT TRIỂN VÀ ỨNG DỤNG TRONG Y HỌC HIỆN ĐẠI

Nguyễn Minh Sơn¹, Lâm Kiến Thành¹, Phan Viết Anh Việt Vương², Lê Văn Chương^{1*}

¹Khoa Kỹ thuật Y học, Trường Đại học Văn Lang - 69/68 Đặng Thùy Trâm, quận Bình Thạnh, thành phố Hồ Chí Minh, Việt Nam

²Phòng Nghiên cứu và Phát triển, Công ty Cổ phần Nhà máy Wembley Medical - Khu Công nghệ cao, thành phố Thủ Đức, thành phố Hồ Chí Minh, Việt Nam

Ngày nhận bài: 18/02/2025

Ngày chỉnh sửa: 28/3/2025; Ngày duyệt đăng: 09/4/2025

TÓM TẮT

Mục tiêu: Tổng quan về sự phát triển, đặc điểm, ưu điểm và thách thức của ống lấy máu chân không trong xét nghiệm lâm sàng so với phương pháp truyền thống.

Phương pháp: Nghiên cứu thực hiện tìm kiếm trên các cơ sở dữ liệu PubMed, từ 2013-2024 với các từ khóa: “vacuum blood collection tubes”, “preanalytical errors”, “hemolysis”, “sample quality”... Tiêu chí lựa chọn bao gồm các nghiên cứu về chất lượng mẫu, yếu tố tiền phân tích và giải pháp giảm thiểu tán huyết.

Kết quả: Ống lấy máu chân không cải thiện đáng kể chất lượng mẫu, hiệu quả và an toàn so với phương pháp truyền thống. Tán huyết là thách thức chính, đặc biệt ở khoa cấp cứu (tỷ lệ lên đến 35%), và ở mẫu nhi khoa. Sử dụng ống thể tích nhỏ (2 mL thay vì 6 mL) có thể giảm tỷ lệ tán huyết từ 11,8% xuống 2,9%. Lựa chọn ống phù hợp, kỹ thuật lấy mẫu đúng, và đào tạo nhân viên là yếu tố quan trọng ảnh hưởng đến chất lượng mẫu.

Kết luận: Ống lấy máu chân không mang lại nhiều lợi ích trong giảm lỗi tiền phân tích, tăng cường an toàn, và hiệu quả chi phí. Xu hướng hiện tại tập trung vào phát triển ống chuyên biệt cho từng nhóm bệnh nhân và tích hợp với hệ thống tự động.

Từ khóa: Thu thập mẫu máu, giai đoạn tiền phân tích, tán huyết, chất lượng mẫu, kỹ thuật xét nghiệm lâm sàng.

1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Trong y học hiện đại, xét nghiệm máu đóng vai trò quyết định trong điều trị và chẩn đoán bệnh, với hơn 70% kết luận y khoa dựa vào kết quả phân tích từ mẫu máu. Giai đoạn tiền phân tích, đặc biệt là quá trình lấy mẫu máu, chiếm 60-70% tổng số lỗi trong chu trình xét nghiệm. Phương pháp lấy máu truyền thống bằng kim và bơm tiêm thông thường tiềm ẩn nhiều rủi ro về chất lượng mẫu và an toàn sinh học [1]. Sự ra đời của hệ thống lấy máu chân không có ý nghĩa quan trọng, giúp giảm thiểu việc tiếp xúc với máu, rút ngắn thời gian lấy máu, tăng hiệu quả xét nghiệm, và nâng cao an toàn cho nhân viên y tế [2]. Tuy nhiên, việc đánh giá và lựa chọn hệ thống lấy máu chân không phù hợp vẫn là một thách thức, đặc biệt trong bối cảnh có nhiều hãng sản xuất cạnh tranh trên thị trường. Bài tổng quan này nhằm mục tiêu đánh giá đặc điểm, sự phát triển, ưu điểm và thách

thức của ống lấy máu chân không trong xét nghiệm lâm sàng, đồng thời đề xuất các phương án giảm thiểu lỗi tiền phân tích nhằm nâng cao chất lượng mẫu xét nghiệm.

2. PHƯƠNG PHÁP TỔNG QUAN

Nghiên cứu thực hiện tìm kiếm tài liệu trên các cơ sở dữ liệu PubMed. Thời gian tìm kiếm tài liệu từ tháng 1/2013 đến tháng 3/2024. Các từ khóa tìm kiếm chính bao gồm: “vacuum blood collection tubes”, “evacuated blood collection system”, “preanalytical errors”, “hemolysis”, “sample quality”, “blood collection standardization”, “pediatric blood collection” và các kết hợp của chúng.

Tiêu chuẩn lựa chọn gồm các bài báo nghiên cứu, tổng quan, hướng dẫn lâm sàng về ống lấy máu chân không; các nghiên cứu so sánh giữa ống lấy máu chân không và ống lấy máu truyền thống; các nghiên cứu về yếu tố

*Tác giả liên hệ

Email: chuongmedtech@ump.edu.vn Điện thoại: (+84) 989984145 <https://doi.org/10.52163/yhc.v66iCD4.2335>



tiền phân tích ảnh hưởng đến chất lượng mẫu; các nghiên cứu về giải pháp giảm thiểu tán huyết; và các tài liệu được xuất bản bằng tiếng Anh hoặc tiếng Việt.

Tiêu chuẩn loại trừ gồm các báo cáo trường hợp đơn lẻ, nghiên cứu không liên quan trực tiếp đến ống lấy máu chân không, và nghiên cứu không cung cấp đầy đủ thông tin về phương pháp và kết quả. Sau khi sàng lọc, 10 tài liệu đáp ứng tiêu chuẩn được đưa vào phân tích và tổng hợp trong bài tổng quan này.

3. KẾT QUẢ NGHIÊN CỨU

3.1. Đặc điểm của ống máu chân không

Ống máu chân không là một phần quan trọng của hệ thống lấy máu chân không, được thiết kế với 3 ưu điểm chính. Thứ nhất, ống được làm từ nhựa chuyên dụng (trước đây là thủy tinh) có độ bền cao, chịu áp suất âm bên trong và áp lực vật lý từ bên ngoài [3]; kết hợp với nắp cao su tự bịt kín sau khi kim đâm xuyên qua giúp duy trì áp suất âm ổn định ở mức 101,3 kPa trong 24 tháng theo tiêu chuẩn ISO [2]. Thứ hai, bề mặt trong ống được phủ lớp surfactant và các chất chống đông như K₂EDTA, citrate natri, heparin lithium và các chất hoạt hóa đông máu. Những thành phần này giúp bảo quản mẫu máu hiệu quả và ngăn ngừa sự bám dính của các thành phần máu [3]. Thứ ba, nguyên lý dựa trên chênh lệch áp suất cho phép kiểm soát chính xác thể tích máu thu được và đảm bảo quá trình lấy mẫu an toàn. Heiligers-Duckers C và cộng sự đã báo cáo rằng áp suất chân không có thể dao động từ 53-75 mmHg giữa các loại ống khác nhau, ảnh hưởng đến quy trình lấy mẫu [4].



Hình 1. Phương pháp lấy máu chân không [1]

3.2. So sánh ống chân không với ống máu truyền thống

Sự ra đời của ống lấy máu chân không đã tạo bước chuyển đổi quan trọng trong quy trình lấy mẫu máu xét

nghiệm, mang đến nhiều thế mạnh vượt trội. Về mặt an toàn và vô trùng, hệ thống chân không giúp giảm thiểu đáng kể sự tiếp xúc trực tiếp với tác nhân lây nhiễm cho nhân viên y tế. Theo Tổ chức Y tế thế giới, việc sử dụng hệ thống kín này đã giúp giảm thiểu tỷ lệ tai nạn nghề nghiệp liên quan đến vật dụng sắc nhọn và phơi nhiễm với máu. Về độ chính xác và chất lượng mẫu, ống chân không cho phép kiểm soát chặt chẽ thể tích máu thu được nhờ áp suất âm được chuẩn hóa, cải thiện tỷ lệ máu/chất chống đông được tối ưu [3]. Simundic A.M và cộng sự báo cáo thời gian trung bình cho từng lượt lấy mẫu giảm khoảng 30% so với cách thức truyền thống [5]. Tuy nhiên, việc sử dụng ống chân không cũng tồn tại một số hạn chế như chi phí cao hơn và khó khăn khi lấy máu ở bệnh nhân có tĩnh mạch nhỏ. Theo Chung H.J và cộng sự, kinh phí đầu tư ban đầu vào hệ thống ống lấy máu chân không có thể cao gấp 2-3 lần so với cách thức truyền thống [6]. Tại Việt Nam, giá thành ống lấy máu chân không nhập ngoại có thể cao gấp 4-6 lần ống lấy máu thông thường.



Hình 2. Ống lấy máu chân không [7]

3.3. Các yếu tố tiền phân tích ảnh hưởng đến chất lượng mẫu

Giai đoạn tiền phân tích đóng vai trò quan trọng trong duy trì chất lượng mẫu xét nghiệm. Thể tích mẫu và áp lực âm là một trong những yếu tố chịu ảnh hưởng lớn nhất, nghiên cứu chỉ ra rằng lấy không đủ thể tích máu làm tăng đáng kể hoạt độ của lactate dehydrogenase trong cả mẫu huyết thanh và huyết tương. Cụ thể, khi ống được lấy khoảng 50% thể tích, hoạt độ lactate dehydrogenase tăng 21,6% trong huyết thanh và 28,3% trong huyết tương [8]. Thời gian đông máu cũng quan trọng không kém, khi ống huyết thanh thông thường cần thời gian đông máu tối thiểu 30 phút để hoàn tất quá trình đông máu. Nghiên cứu so sánh giữa ống Rapid Serum Tube và Serum Separating Tube cho thấy thời gian đông máu trong ống Rapid Serum Tube (2,49 phút) ngắn hơn đáng kể so với ống Serum Separating Tube (19,47 phút), giúp rút ngắn thời gian xử lý mẫu [9]. Vấn đề kỹ thuật lấy máu, chất chống đông và các hợp chất trong ống máu cũng tác động đến kết quả xét nghiệm. Mẫu máu nên được xử lý trong vòng 30-60 phút sau khi lấy để đảm bảo tối đa tính toàn vẹn của mẫu [1].

3.4. Vấn đề tán huyết và giải pháp giảm thiểu tán huyết

Tán huyết là một trong những mối lo ngại chính ảnh hưởng đến chất lượng mẫu xét nghiệm. Tỷ lệ tán huyết tại các khoa cấp cứu có thể cao tới 35%, vượt xa tiêu chuẩn thực hành tốt nhất là 2% do Hiệp hội Bệnh lý Lâm sàng Hoa Kỳ đề ra [10]. Các nhân tố gây tán huyết trong quá trình lấy máu bao gồm: áp lực âm cao trong ống thu thập, tĩnh mạch nhỏ hoặc dễ vỡ, lắc mẫu quá mức, thất garô quá lâu, ống không đầy đủ thể tích, tỷ lệ máu/chất chống đông không phù hợp và kích thước kim không phù hợp [2]. Tán huyết có tác động đáng kể đến kết quả của nhiều xét nghiệm như đông máu, alanine aminotransferase, aspartate aminotransferase và lactate dehydrogenase [2].

Các giải pháp giảm thiểu tán huyết bao gồm:

- Lựa chọn kích thước ống máu và áp lực âm phù hợp. Theo Phelan M.P và cộng sự, việc thay thế ống 6 mL bằng ống 2 mL giảm tỷ lệ tán huyết từ 11,8% xuống 2,9% [10].
- Kỹ thuật lấy máu đúng khá quan trọng bao gồm sử dụng kim lấy máu trực tiếp và lấy máu từ tĩnh mạch khuỷu tay [9].
- Mở nắp ống ngay sau khi lấy máu để giải phóng áp lực âm dư, giúp giảm tỷ lệ tán huyết từ 26,2% xuống 7,6% ở bệnh nhi [2].
- Đào tạo đội ngũ: nhân viên y tế cần được đào tạo chuyên môn về các yếu tố ảnh hưởng, kỹ thuật lấy mẫu đúng và quy trình xử lý mẫu phù hợp, đặc biệt là lấy đủ thể tích máu và tránh tạo áp lực quá mức khi lấy mẫu [2].

3.5. Ứng dụng trong các nhóm người bệnh đặc biệt

Ở trẻ em, tỷ lệ máu tán huyết đặc biệt cao so với người lớn, chủ yếu do thể tích máu thấp (dưới 2 mL trong ống 5 mL) góp phần làm áp lực âm dư cao [2]. Đối với các bệnh nhân cấp cứu, tỷ lệ máu tán huyết cũng khá cao lên tới 35% [11].

Để giảm thiểu tán huyết ở các nhóm người bệnh đặc biệt này, một số đề xuất được kiến nghị: sử dụng ống thu thập thể tích nhỏ; mở nắp ống ngay sau khi lấy máu để giảm áp lực âm dư; huấn luyện kỹ năng lấy máu chuyên biệt cho nhân viên y tế [2], [10].

3.6. Xu hướng phát triển

Xu hướng công nghệ đang hướng tới phát triển ống thể tích nhỏ với áp lực âm thấp hơn, đặc biệt là cho đối tượng trẻ em và người có tĩnh mạch khó lấy. Một xu hướng khác là phát triển các ống có thời gian đông máu nhanh hơn, như ống Rapid Serum Tube giúp tách huyết thanh trong 5 phút thay vì đợi 30 phút như các ống thông thường [9]. Hệ thống lấy máu chân không cũng tập trung vào tính an toàn cho nhân viên y tế với cơ chế

khóa kim tự động và thiết kế khép kín, giúp giảm 70-80% nguy cơ tai nạn kim đâm và phơi nhiễm máu so với cách thức truyền thống. Việc sản xuất nội địa các loại ống chân không đạt chất lượng với chi phí hợp lý sẽ tạo điều kiện rất lớn để nhiều cơ sở y tế có khả năng tiếp cận với công nghệ này.

4. BÀN LUẬN

Qua tổng quan các nghiên cứu, có thể thấy ống lấy máu chân không đã mang lại nhiều cải tiến đáng kể trong quy trình lấy mẫu xét nghiệm so với phương pháp truyền thống. Tuy nhiên, việc áp dụng rộng rãi tại các cơ sở y tế vẫn còn nhiều thách thức. Vấn đề tán huyết vẫn là trở ngại lớn nhất, đặc biệt ở các nhóm bệnh nhân đặc biệt như trẻ em và bệnh nhân cấp cứu. Kết quả từ nhiều nghiên cứu đều chỉ ra rằng việc lựa chọn ống có kích thước phù hợp (thể tích nhỏ và áp lực âm thấp) có thể giảm đáng kể tỷ lệ tán huyết [10]. Tuy nhiên, không phải lúc nào các cơ sở y tế cũng có đủ điều kiện để trang bị nhiều loại ống khác nhau, đặc biệt là ở các nước đang phát triển.

Kỹ thuật lấy máu cũng là yếu tố tương đối quan trọng. Các nghiên cứu cho thấy rằng việc mở nắp ống ngay sau khi lấy mẫu có thể giảm tỷ lệ tán huyết đáng kể ở trẻ em [2], tuy nhiên thực hành này lại đi ngược lại với khuyến cáo về an toàn sinh học và nguy cơ lây nhiễm cho nhân viên y tế. Điều này tạo ra một sự đánh đổi giữa chất lượng mẫu và an toàn sinh học.

Chi phí cũng là một yếu tố cần phải xem xét. Mặc dù các nghiên cứu chỉ ra rằng việc sử dụng ống lấy máu chân không có thể tiết kiệm chi phí dài hạn do giảm tỷ lệ phải lấy mẫu lại, nhưng chi phí đầu tư ban đầu vẫn là trở ngại lớn tại nhiều cơ sở y tế [6].

Mặc dù còn những thách thức, xu hướng phát triển hiện nay đang tập trung vào việc khắc phục các hạn chế này thông qua việc phát triển các ống chuyên biệt cho từng nhóm bệnh nhân và tích hợp với các hệ thống tự động hóa. Việc sản xuất nội địa các loại ống chân không có thể là giải pháp hiệu quả để giảm tải chi phí và tăng cường khả năng tiếp cận với công nghệ này. Nghiên cứu trong tương lai cần tập trung vào việc phát triển các loại ống có kích thước và áp lực âm phù hợp cho các nhóm bệnh nhân đặc biệt, cũng như đánh giá hiệu quả chi phí của việc áp dụng công nghệ này trong các cơ sở y tế khác nhau.

5. KẾT LUẬN

Ống lấy máu chân không đã và đang đóng góp vai trò quan trọng trong chẩn đoán xét nghiệm hiện đại. Công nghệ này mang đến nhiều ưu điểm vượt trội về an toàn sinh học, chất lượng mẫu và hiệu quả công việc so với phương pháp truyền thống. Tuy nhiên, vấn đề tán huyết vẫn là thách thức lớn, đặc biệt ở bệnh nhân cấp cứu và trẻ em. Các giải pháp như sử dụng ống thể tích nhỏ, đào tạo nhân viên và kỹ thuật lấy mẫu đúng đã chứng minh



hiệu quả trong việc giảm thiểu tỷ lệ tán huyết. Xu hướng phát triển hiện nay tập trung vào việc thiết kế ống chuyên biệt cho từng nhóm bệnh nhân và tích hợp với hệ thống tự động hóa. Việc sản xuất nội địa các loại ống chân không với chi phí hợp lý sẽ tạo điều kiện để nhiều cơ sở y tế có khả năng tiếp cận với công nghệ này.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] Simundic A.M, Bölenius K, Cadamuro J et al, Joint EFLM-COLABIOCLI Recommendation for venous blood sampling, *Clin Chem Lab Med*, 2018, 56 (12): 2015-38.
- [2] Hu J, Zhang Q.X, Xiao T.T et al, Residual Negative Pressure in Vacuum Blood-Collection Tube and Hemolysis in Pediatric Blood Specimens, *Lab Med*, 2020, 51 (1): 41-6.
- [3] Clinical and Laboratory Standards Institute, Collection of diagnostic venous blood specimens, CLSI, 2017.
- [4] Heiligers-Duckers C, Peters N, van Dijk J.J.P et al, Low vacuum and discard tubes reduce hemolysis in samples drawn from intravenous catheters, *Clin Biochem*, 2013, 46 (12): 1142-4.
- [5] Simundic A.M, Cornes M.P, Grankvist K et al, Colour coding for blood collection tube closures-a call for harmonisation, *Clin Chem Lab Med*, 2015, 53 (3): 371-6.
- [6] Chung H.J, Song Y.K, Hong S.K et al, Implementation of biological variation-based analytical performance specifications in the laboratory: Stringent evaluation of Improvacutor blood collection tubes, *PLoS One*, 2017, 12 (12): e0189882.
- [7] Wembley Medical, Ống nghiệm lấy máu chân không VATRACY, [Online], 2024 [cited 2024 Mar 20], [1 screen], Available from: URL: <https://wembleymed.com.vn/vi/>
- [8] Neuwinger N, Meyer Zum Buschenfelde D, Tauber R et al, Underfilling of vacuum blood collection tubes leads to increased lactate dehydrogenase activity in serum and heparin plasma samples, *Clin Chem Lab Med*, 2020, 58 (2): 213-21.
- [9] Kocijancic M, Cargonja J, Delic-Knezevic A, Evaluation of the BD Vacutainer RST blood collection tube for routine chemistry analytes: clinical significance of differences and stability study, *Biochem Med (Zagreb)*, 2014, 24 (3): 368-75.
- [10] Phelan M.P, Reineks E.Z, Berriochoa J.P et al, Impact of use of smaller volume, smaller vacuum blood collection tubes on hemolysis in emergency department blood samples, *Am J Clin Pathol*, 2017, 148 (4): 330-5.