

EVALUATE THE EFFECTIVENESS OF MICROFLUIDIC AND DENSITY GRADIENT SPERM PREPARATION METHODS ON POST-VITRIFICATION SPERM QUALITY

Do Van Dung¹, Dang Vinh Dung¹, Trinh Quoc Thanh², Dang Thi Huyen Nhung^{3*}, Pham Nguyen Hai Tho¹

¹108 Military Central Hospital - 1 Tran Hung Dao, Hai Ba Trung ward, Hanoi, Vietnam

²Vietnam Military Medical University - 160 Phung Hung, Ha Dong ward, Hanoi, Vietnam

³Independent Researcher - Tuong Mai ward, Hanoi, Vietnam

Received: 18/03/2026

Revised: 29/03/2026; Accepted: 29/04/2026

ABSTRACT

Objective: Evaluate the effectiveness of microfluidic sperm preparation and density gradient centrifugation on post-vitrification sperm quality.

Subject and methods: This study was conducted on semen samples meeting the criteria of the World Health Organization Laboratory Manual (2021). Each semen sample was divided into two aliquots and processed in parallel using microfluidic sperm preparation and density gradient centrifugation, followed by cryopreservation using the vitrification method. Sperm quality was evaluated after preparation, after thawing through the cryosurvival factor (CSF).

Results: After sperm preparation, the microfluidic group showed significantly higher sperm concentration, viability, total motility, and progressive motility compared with the density gradient group. After vitrification, sperm quality decreased in both groups; however, the microfluidic group maintained higher values for these parameters than the density gradient group. The CSF values for sperm concentration, viability, and total motility did not differ significantly between the two methods, whereas the CSF for progressive motility was higher in the density gradient group.

Conclusion: Microfluidic sperm preparation improves sperm quality after preparation and maintains better parameters after cryopreservation compared with density gradient centrifugation, suggesting its potential application in sperm selection prior to cryopreservation in assisted reproductive techniques.

Keywords: Sperm cryopreservation, microfluidics, density gradient centrifugation, vitrification.

*Corresponding author

Email: dangnhung259@gmail.com **Phone:** (+84) 338408521 **DOI:** 10.52163/yhc.v67iCD5.4993

ĐÁNH GIÁ HIỆU QUẢ CỦA PHƯƠNG PHÁP LỌC RỬA VI LƯU VÀ THANG NỒNG ĐỘ ĐẾN CHẤT LƯỢNG TINH TRÙNG SAU TRỮ ĐÔNG BẰNG PHƯƠNG PHÁP THỦY TINH HÓA

Đỗ Văn Dũng¹, Đặng Vĩnh Dũng¹, Trịnh Quốc Thành², Đặng Thị Huyền Nhung^{3*}, Phạm Nguyễn Hải Thơ¹

¹Bệnh viện Trung ương Quân đội 108 - 1 Trần Hưng Đạo, phường Hai Bà Trưng, Hà Nội, Việt Nam

²Học viện Quân y - 160 Phùng Hưng, phường Hà Đông, Hà Nội, Việt Nam

³Nhà nghiên cứu độc lập - phường Tương Mai, Hà Nội, Việt Nam

Ngày nhận bài: 18/03/2026

Ngày chỉnh sửa: 29/03/2026; Ngày duyệt đăng: 29/04/2026

TÓM TẮT

Mục tiêu: Đánh giá hiệu quả của phương pháp lọc rửa vi lưu và thang nồng độ đến chất lượng tinh trùng sau trữ đông bằng phương pháp thủy tinh hóa.

Đối tượng và phương pháp: Các mẫu tinh dịch đạt chuẩn của Tổ chức Y tế Thế giới (2021). Mỗi mẫu được chia làm hai phần, xử lý song song bằng phương pháp lọc rửa vi lưu và thang nồng độ, sau đó trữ đông bằng phương pháp thủy tinh hóa. Đánh giá chất lượng tinh trùng sau lọc, sau rã đông qua chỉ số sống sót tinh trùng (CSF).

Kết quả: Sau lọc rửa, nhóm xử lý bằng phương pháp vi lưu có mật độ, tỷ lệ sống, di động và di động tiến tới cao hơn có ý nghĩa so với nhóm thang nồng độ. Sau trữ đông bằng phương pháp thủy tinh hóa, chất lượng tinh trùng ở cả hai nhóm đều giảm; nhưng nhóm vi lưu vẫn duy trì các thông số cao hơn. CSF của mật độ, tỷ lệ sống và di động không có khác biệt có ý nghĩa giữa hai phương pháp, trong khi CSF tỷ lệ di động tiến tới cao hơn ở nhóm thang nồng độ.

Kết luận: Phương pháp vi lưu giúp cải thiện và duy trì chất lượng tinh trùng tốt hơn sau trữ đông so với phương pháp thang nồng độ, cho thấy tiềm năng ứng dụng trong lựa chọn tinh trùng trước trữ đông trong hỗ trợ sinh sản.

Từ khóa: Trữ đông tinh trùng, lọc rửa vi lưu, thang nồng độ, thủy tinh hóa.

1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Vô sinh nam là một vấn đề y tế ngày càng được quan tâm, góp phần đáng kể vào tỷ lệ vô sinh chung ở các cặp vợ chồng. Nhiều nghiên cứu cho thấy khoảng 40-50% các trường hợp vô sinh có liên quan đến yếu tố nam giới, trong đó chất lượng tinh trùng giữ vai trò quyết định đối với khả năng thụ thai tự nhiên cũng như kết quả của các kỹ thuật hỗ trợ sinh sản [1]. Cùng với sự tiến bộ của y học, nhu cầu bảo tồn khả năng sinh sản ở nam giới, đặc biệt ở những bệnh nhân trẻ tuổi cần điều trị các bệnh lý ảnh hưởng đến chức năng sinh tinh, ngày càng gia tăng.

Trữ đông tinh trùng là biện pháp quan trọng nhằm bảo tồn khả năng sinh sản lâu dài. Hiện nay, bên cạnh phương pháp đông lạnh chậm, kỹ thuật thủy tinh hóa được ứng dụng ngày càng rộng rãi nhờ ưu điểm hạn chế sự hình thành tinh thể đá trong quá trình làm lạnh, từ đó giảm tổn thương cấu trúc tế bào tinh trùng. Tuy nhiên, hiệu quả bảo quản tinh trùng sau rã đông không chỉ phụ thuộc vào phương pháp trữ đông mà còn chịu ảnh hưởng bởi tình trạng tinh trùng trước khi đưa vào quá trình đông lạnh.

Trong thực hành lâm sàng, các kỹ thuật lọc rửa tinh trùng được sử dụng nhằm chọn lọc tinh trùng có chất lượng tốt và loại bỏ các yếu tố bất lợi như tinh trùng chết, tinh trùng dị dạng, bạch cầu và các gốc oxy hóa tự do. Phương pháp ly tâm thang nồng độ là kỹ thuật kinh điển, được áp dụng phổ biến nhờ tính đơn giản và hiệu quả trong việc làm sạch mẫu tinh dịch. Tuy nhiên, quá trình ly tâm với lực cơ học

có thể làm tăng stress oxy hóa và gây ảnh hưởng không mong muốn đến cấu trúc và chức năng tinh trùng [2].

Gần đây, công nghệ lọc rửa vi lưu được phát triển như một hướng tiếp cận mới trong chọn lọc tinh trùng, dựa trên nguyên lý mô phỏng môi trường sinh lý tự nhiên của đường sinh dục nữ. Phương pháp này cho phép thu nhận tinh trùng có khả năng di động tiến tới tốt hơn, đồng thời hạn chế tác động cơ học và giảm tổn thương DNA [3]. Mặc dù nhiều nghiên cứu đã chứng minh ưu điểm của lọc rửa vi lưu khi sử dụng tinh trùng tươi trong các kỹ thuật hỗ trợ sinh sản, các dữ liệu liên quan đến ảnh hưởng của phương pháp này đối với chất lượng tinh trùng sau trữ đông bằng thủy tinh hóa vẫn còn chưa đầy đủ.

Tuy nhiên, các nghiên cứu so sánh trực tiếp giữa lọc rửa vi lưu và phương pháp thang nồng độ trong bối cảnh trữ đông tinh trùng bằng thủy tinh hóa còn hạn chế. Việc làm rõ ảnh hưởng của từng phương pháp lọc rửa đến chất lượng tinh trùng sau rã đông sẽ góp phần cung cấp cơ sở khoa học cho việc lựa chọn kỹ thuật phù hợp trong thực hành bảo quản tinh trùng, đặc biệt đối với những bệnh nhân có số lượng tinh trùng thấp và chất lượng tinh trùng kém.

Vì vậy, chúng tôi thực hiện nghiên cứu “Đánh giá hiệu quả của phương pháp lọc rửa vi lưu và thang nồng độ đến chất lượng tinh trùng sau trữ đông bằng thủy tinh hóa” với mục tiêu: so sánh chất lượng tinh trùng sau trữ đông bằng phương pháp thủy tinh hóa giữa hai phương pháp lọc rửa vi lưu và thang nồng độ.

*Tác giả liên hệ

Email: dangnhung259@gmail.com Điện thoại: (+84) 338408521 DOI: 10.52163/yhc.v67iCD5.4993

2. ĐỐI TƯỢNG VÀ PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

2.1. Đối tượng nghiên cứu

Nam giới trong độ tuổi sinh sản thực hiện xét nghiệm tinh dịch đồ tại Trung tâm Hỗ trợ sinh sản, Bệnh viện Trung ương Quân đội 108 từ tháng 6/2025 đến tháng 2/2026.

- Tiêu chuẩn lựa chọn: nam giới khỏe mạnh; kiêng xuất tinh 3-5 ngày; có kết quả tinh dịch đồ ban đầu đạt tiêu chuẩn bao gồm (thể tích $\geq 1,4$ mL, mật độ ≥ 16 triệu/mL, tỷ lệ sống $\geq 54\%$, tỷ lệ tinh trùng di động tiến tới $\geq 30\%$); không sử dụng chất kích thích hoặc thuốc ảnh hưởng đến quá trình sinh tinh trong vòng 3 tháng trước khi lấy mẫu; đồng ý tham gia nghiên cứu và ký phiếu chấp thuận tham gia nghiên cứu.

- Tiêu chuẩn loại trừ: bệnh nhân mắc các bệnh lý nội khoa cấp tính hoặc mạn tính ảnh hưởng đến chất lượng tinh trùng; mẫu tinh trùng trích xuất từ tinh hoàn, mào tinh; mẫu tinh dịch có nhiễm khuẩn hoặc có hiện tượng tinh trùng kết dính nặng; người bệnh rút lui khỏi nghiên cứu tại bất kỳ thời điểm nào.

2.2. Phương pháp nghiên cứu

- Thiết kế nghiên cứu: nghiên cứu can thiệp tiến cứu.

- Cỡ mẫu và phương pháp chọn mẫu: cỡ mẫu $n = 30$, chọn mẫu thuận tiện.

- Quy trình nghiên cứu: mẫu tinh trùng sau khi được thu thập tại Trung tâm Hỗ trợ sinh sản, Bệnh viện Trung ương Quân đội 108 sẽ được tiến hành phân tích theo hướng dẫn của Tổ chức Y tế Thế giới (2021). Các mẫu đạt tiêu chuẩn sẽ được chia thành 2 phần, một phần được xử lý bằng phương pháp lọc vi lưu của nhà sản xuất Zymot, một phần được lọc bằng phương pháp thang nồng độ. Sau khi xử lý mẫu được thu hồi còn 0,5 ml, đánh giá lại chất lượng sau lọc rửa và tiến hành trữ lạnh bằng phương pháp thủy tinh hóa đông tinh viên theo mô tả của Shah D và cộng sự (2019) [4]. Mẫu tinh trùng đã trữ lạnh được chứa trong cryovial và lưu trữ tại nhiệt độ -196°C trong nitơ lỏng.

4 tuần sau bảo quản, mẫu được rã đông bằng cách lấy ra khỏi nitơ lỏng và đưa vào trong môi trường Flushing Fertilcult đã làm ấm ở 42°C . Sau khi rã đông, mẫu được ly tâm 1200 vòng/phút trong 10 phút, thể tích thu hồi sau ly tâm là 0,5 ml. Sau đó, mẫu được đánh giá lại chất lượng tinh trùng.

2.3. Chỉ tiêu nghiên cứu

- Các chỉ số đánh giá chất lượng tinh trùng: mật độ, tỷ lệ sống, tỷ lệ di động, tỷ lệ di động tiến tới và tỷ lệ hình dạng tinh trùng bình thường.

- Các chỉ số đánh giá hiệu quả trước và sau trữ lạnh: chỉ số sống sót tinh trùng (CSF) mật độ, CSF di động, CSF di động tiến tới.

2.4. Xử lý và phân tích số liệu

Số liệu được phân tích bởi phần mềm SPSS 25.0. Các chỉ số đánh giá chất lượng tinh dịch đồ và đánh giá hiệu quả trước và sau trữ lạnh được phân tích thống kê mô tả (% , Mean \pm SD, trung vị, khoảng tứ phân vị) và thống kê so sánh ghép gộp (Student t-test, Paired t-test, Wilcoxon Signed-Rank test). Sự khác biệt giữa các so sánh được xem là có ý nghĩa thống kê với $p < 0,05$.

2.5. Đạo đức nghiên cứu

Nghiên cứu đã được Hội đồng Đạo đức trong nghiên cứu y sinh của Học viện Quân y thông qua. Tất cả đối tượng nghiên cứu được giải thích đầy đủ về mục đích, nội dung và các quy trình nghiên cứu, đồng thời tự nguyện tham gia

và ký cam kết đồng ý trước khi lấy mẫu. Thông tin cá nhân và kết quả nghiên cứu của đối tượng được bảo mật tuyệt đối và chỉ sử dụng cho mục đích nghiên cứu khoa học.

3. KẾT QUẢ NGHIÊN CỨU

Bảng 1. Đặc điểm mẫu tinh dịch được chọn vào nghiên cứu (n = 30)

Đặc điểm tinh trùng	Trung bình
Thể tích tinh dịch (ml)	2,9 \pm 0,9
Mật độ tinh trùng ($\times 10^6$ /ml)	47,13 \pm 18,81
Tỷ lệ sống (%)	84,33 \pm 8,59
Tỷ lệ di động (%)	73,27 \pm 8,02
Tỷ lệ di động tiến tới (%)	55,93 \pm 9,31
Tỷ lệ hình dạng bình thường (%)	2,07 \pm 0,94

Bảng 1 trình bày đặc điểm mẫu tinh dịch của các đối tượng được lựa chọn vào nghiên cứu. Nhìn chung, tất cả các chỉ số bao gồm thể tích, mật độ, tỷ lệ sống, tỷ lệ di động và tỷ lệ di động tiến tới của mẫu tinh dịch đều đáp ứng tiêu chuẩn lựa chọn.

Bảng 2. So sánh chất lượng tinh trùng sau lọc rửa bằng phương pháp vi lưu và thang nồng độ

Chỉ số	Phương pháp lọc vi lưu	Phương pháp thang nồng độ	p-value
Mật độ tinh trùng ($\times 10^6$ /ml)	23,7 \pm 12,87	20,13 \pm 11,71	0,011
Tỷ lệ di động (%)	97,2 \pm 2,47	95,1 \pm 2,44	0,001
Tỷ lệ di động tiến tới (%)	90,23 \pm 4,70	71,93 \pm 8,53	< 0,001
Tỷ lệ sống (%)	98,03 \pm 1,67	96,57 \pm 2,18	0,002
Tỷ lệ hình dạng bình thường (%)	3,27 \pm 1,17	3,27 \pm 1,23	1,000

Bảng 2 trình bày sự so sánh chất lượng tinh trùng sau lọc rửa giữa phương pháp vi lưu và phương pháp thang nồng độ. Kết quả cho thấy các chỉ số chất lượng tinh trùng sau lọc bằng phương pháp vi lưu bao gồm mật độ tinh trùng, tỷ lệ di động, tỷ lệ di động tiến tới và tỷ lệ sống cao hơn có ý nghĩa thống kê so với phương pháp thang nồng độ ($p < 0,05$). Trong khi tỷ lệ tinh trùng có hình dạng bình thường không có sự khác biệt giữa hai phương pháp lọc rửa ($p = 1,00$).

Bảng 3. Chất lượng tinh trùng rã đông bằng phương pháp thủy tinh hóa kết hợp lọc rửa vi lưu và thang nồng độ

Chỉ số	Phương pháp lọc vi lưu	Phương pháp thang nồng độ	p-value
Mật độ ($\times 10^6$ /ml)	17,47 \pm 8,73	14,2 \pm 7,92	0,001
Tỷ lệ sống (%)	74,7 \pm 8,31	71,67 \pm 8,15	0,007
Tỷ lệ di động (%)	68,23 \pm 8,98	65,23 \pm 8,21	0,039
Tỷ lệ di động tiến tới (%)	44,07 \pm 9,78	37,8 \pm 9,37	< 0,001
Tỷ lệ hình dạng bình thường (%)	2,00 \pm 0,87	1,73 \pm 0,74	0,058

Bảng 3 cho thấy chất lượng tinh trùng sau rã đông bằng phương pháp thủy tinh hóa giữa hai phương pháp lọc rửa có sự khác biệt. Sau rã đông, nhóm tinh trùng được lọc bằng phương pháp vi lưu có mật độ tinh trùng, tỷ lệ sống, tỷ lệ di động và tỷ lệ di động tiến tới cao hơn có ý nghĩa thống kê so với nhóm lọc rửa bằng phương pháp thang nồng độ ($p < 0,05$).

Tuy nhiên tỷ lệ hình dạng tinh trùng bình thường giữa 2 nhóm không có sự khác biệt có ý nghĩa thống kê ($p = 0,058$).

Bảng 4. So sánh CSF(*) sau trữ đông bằng thủy tinh hóa kết hợp lọc rửa vi lưu và thang nồng độ

Chỉ số	Phương pháp lọc vi lưu	Phương pháp thang nồng độ	p-value
CSF mật độ (%)	77,32 ± 17,05	72,04 ± 10,48	0,098
CSF tỷ lệ sống (%)	76,19 ± 8,29	74,27 ± 8,87	0,075
CSF tỷ lệ di động (%)	70,15 ± 8,73	68,68 ± 9,13	0,277
CSF tỷ lệ di động tiến tới (%)	48,99 ± 11,29	53,43 ± 15,51	0,029

Ghi chú: CSF(%) = (giá trị sau rã đông/giá trị sau lọc) × 100.

Bảng 4 cho thấy CSF của mật độ, tỷ lệ sống và tỷ lệ di động giữa phương pháp lọc vi lưu và phương pháp thang nồng độ không có sự khác biệt có ý nghĩa thống kê ($p > 0,05$). Tuy nhiên, CSF của tỷ lệ di động tiến tới ở nhóm thang nồng độ cao hơn so với nhóm lọc vi lưu, sự khác biệt có ý nghĩa thống kê ($p < 0,05$).

4. BÀN LUẬN

Nghiên cứu này được thực hiện nhằm đánh giá ảnh hưởng của hai phương pháp lọc rửa tinh trùng, bao gồm lọc rửa vi lưu và ly tâm thang nồng độ, đến chất lượng tinh trùng sau trữ đông bằng phương pháp thủy tinh hóa. Kết quả nghiên cứu cho thấy các mẫu tinh dịch được lựa chọn có các thông số cơ bản tốt, với thể tích, mật độ tinh trùng, tỷ lệ sống và khả năng di động phù hợp với tiêu chuẩn lựa chọn ban đầu. Điều này giúp đảm bảo tính đồng nhất của mẫu nghiên cứu và hạn chế sai lệch khi so sánh hiệu quả giữa các phương pháp lọc rửa và trữ đông.

Sau khi lọc rửa, các chỉ số chất lượng tinh trùng ở nhóm sử dụng phương pháp lọc vi lưu cao hơn so với phương pháp thang nồng độ, bao gồm mật độ tinh trùng, tỷ lệ di động, tỷ lệ di động tiến tới và tỷ lệ sống. Kết quả này cho thấy phương pháp vi lưu có khả năng chọn lọc được quần thể tinh trùng có chất lượng tốt hơn. Cơ chế của phương pháp vi lưu dựa trên nguyên lý mô phỏng môi trường sinh lý của đường sinh dục nữ, cho phép tinh trùng di chuyển chủ động qua các vi kênh nhỏ, nhờ đó các tinh trùng có khả năng di động tốt và chức năng sinh học ổn định được ưu tiên lựa chọn. Kết quả của nghiên cứu này tương đồng với các nghiên cứu trước đây cho thấy kỹ thuật chọn lọc tinh trùng bằng vi lưu có thể cải thiện các thông số về khả năng di động và chất lượng tinh trùng so với các phương pháp ly tâm truyền thống. Nghiên cứu của Quinn M.M và cộng sự cũng ghi nhận rằng phương pháp vi lưu có thể lựa chọn được các tinh trùng có khả năng di động cao và mức độ phân mảnh DNA thấp hơn so với phương pháp ly tâm theo thang nồng độ [3].

Sau quá trình trữ đông bằng phương pháp thủy tinh hóa, chất lượng tinh trùng ở cả hai nhóm đều giảm so với sau lọc rửa, đặc biệt là các chỉ số liên quan đến khả năng di động. Đây là hiện tượng thường gặp do tinh trùng phải chịu nhiều tác động bất lợi trong quá trình đông lạnh và rã đông như thay đổi áp suất thẩm thấu, tổn thương màng tế bào và stress oxy hóa. Tuy nhiên, trong nghiên cứu này, nhóm tinh trùng được lọc bằng phương pháp vi lưu trước khi trữ đông vẫn duy trì được chất lượng tốt hơn so với nhóm thang nồng độ sau khi rã đông. Các chỉ số như mật độ tinh trùng, tỷ lệ sống, tỷ lệ di động và tỷ lệ di động tiến tới đều cao hơn có ý nghĩa thống kê. Kết quả này cũng phù hợp với nghiên cứu của Saleh F và cộng sự (2024), trong đó các tác giả cho thấy

việc lựa chọn tinh trùng bằng hệ thống vi lưu trước khi trữ đông giúp cải thiện tỷ lệ sống và tỷ lệ di động của tinh trùng sau rã đông so với các phương pháp ly tâm truyền thống [5].

CSF được sử dụng để đánh giá khả năng bảo tồn các thông số tinh trùng sau quá trình trữ đông. Trong nghiên cứu này, CSF của mật độ tinh trùng, tỷ lệ sống và tỷ lệ di động không có sự khác biệt có ý nghĩa thống kê giữa hai phương pháp. Tuy nhiên, CSF của tỷ lệ di động tiến tới lại cao hơn ở nhóm thang nồng độ. Kết quả này cho thấy mặc dù chất lượng tinh trùng sau rã đông ở nhóm vi lưu cao hơn, nhưng mức độ suy giảm tương đối của khả năng di động tiến tới sau quá trình trữ đông có thể ít hơn ở nhóm thang nồng độ. Sự khác biệt này có thể liên quan đến đặc điểm quần thể tinh trùng được lựa chọn bởi hai phương pháp trước khi trữ đông. Phương pháp vi lưu chủ yếu chọn các tinh trùng có khả năng di động tiến tới cao và hoạt động chuyển hóa mạnh, do đó các tế bào này có thể nhạy cảm hơn với các tổn thương xảy ra trong quá trình trữ đông, dẫn đến sự suy giảm tương đối của khả năng di động tiến tới sau rã đông. Trong khi đó, quá trình trữ đông đã được chứng minh có thể gây ra các thay đổi bất lợi về cấu trúc và chức năng của tinh trùng, làm giảm khả năng di động và tính toàn vẹn của tế bào sau rã đông [6].

Nhìn chung, kết quả nghiên cứu cho thấy phương pháp lọc vi lưu có khả năng cải thiện chất lượng tinh trùng cả trước và sau quá trình trữ đông so với phương pháp thang nồng độ. Việc lựa chọn phương pháp lọc rửa thích hợp trước khi trữ đông có thể góp phần nâng cao hiệu quả bảo tồn tinh trùng trong hỗ trợ sinh sản.

5. KẾT LUẬN

Phương pháp lọc rửa tinh trùng bằng vi lưu giúp cải thiện các chỉ số chất lượng tinh trùng so với phương pháp lọc rửa thang nồng độ. Sau trữ lạnh tinh trùng bằng phương pháp thủy tinh hóa, chất lượng tinh trùng ở cả 2 nhóm đều giảm, tuy nhiên nhóm lọc rửa bằng vi lưu vẫn duy trì được các thông số tốt hơn sau rã đông. Kết quả cho thấy phương pháp lọc rửa vi lưu có ưu điểm hơn so với phương pháp lọc rửa thang nồng độ trong việc lựa chọn tinh trùng trước trữ đông, nâng cao hiệu quả bảo tồn tinh trùng.

6. TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] World Health Organization. WHO laboratory manual for the examination and processing of human semen, 6th ed., Geneva, 2021. <https://www.who.int/publications/i/item/9789240030787>
- [2] Agarwal A, Said T.M. Oxidative stress, DNA damage and apoptosis in male infertility: a clinical approach. *BJU Int*, 2005, 95 (4): 503-507. doi: 10.1111/j.1464-410X.2005.05328.x.
- [3] Quinn M.M, Jalalian L, Ribeiro S et al. Microfluidic sorting selects sperm for clinical use with reduced DNA damage compared to density gradient centrifugation with swim-up in split semen samples. *Human Reproduction*, 2018, 33 (8): 1388-1393. doi: 10.1093/humrep/dey239.
- [4] Shah D et al. A simple method of human sperm vitrification. *MethodsX*, 2019, 6: 2198-2204. doi: 10.1016/j.mex.2019.09.022. eCollection 2019.
- [5] Saleh F, Kocur O, Xie P et al. Microfluidic sperm selection yields competent spermatozoa with higher genomic integrity and cryostress tolerance. *Human Reproduction*, 2024, 39 (Suppl 1): deae108.449. doi: 10.1093/humrep/deae108.449.
- [6] Di Santo M, Tarozzi N, Nadalini M et al. Human sperm cryopreservation: update on techniques, effect on DNA integrity, and implications for ART. *Adv Urol*, 2012, 2012: 854837. doi: 10.1155/2012/854837.