

để cắt và nối đại tràng. Vị trí mở đại tràng được chúng tôi đóng lại bằng chỉ V-lock 3.0. Chỉ có 1 trường hợp chúng tôi sử dụng 4 stapler, do sau khi thắt mạch, cắt hai đầu đại tràng chứa tổn thương, đánh giá đầu trên chỗ đại tràng góc lách có biểu hiện thiếu máu, do vậy chúng tôi phải cắt thêm đoạn đại tràng đến vị trí thành đại tràng hồng, tưới máu tốt. Ban đầu, khi mới thực hiện phẫu thuật, thời gian thực hiện miệng nối của chúng tôi thường kéo dài. Tuy nhiên, những trường hợp sau, khi thành thực kỹ thuật, thời gian thực hiện miệng nối được rút ngắn hơn.



Hình 3. Đóng lỗ mở đại tràng

Về thời gian thực hiện miệng nối, các nghiên cứu trước đây cho kết quả trái chiều. Trong khi nghiên cứu của Vignali và Achilli cho thấy thời gian phẫu thuật kéo dài hơn đáng kể ở nhóm thực hiện miệng nối trong khoang bụng; nghiên cứu của Allaix, Widmar, và Malczak lại không ghi nhận điều này. Trong nghiên cứu Ung Văn Việt cho kết quả thời gian thực hiện miệng nối ở nhóm thực hiện miệng nối trong khoang bụng lại dài hơn rõ rệt ($33,6 \pm 6,1$ phút so với $24,4 \pm 6,1$) [9] Hay trong nghiên cứu của Ngô Quang Duy và cs (2024) không có sự khác biệt về thời gian phẫu thuật giữa hai nhóm ICA và ECA khi thực hiện ở đại tràng trái ($p > 0,005$) [6]

Vết mổ lấy bệnh phẩm thường chúng tôi đi qua đường mổ trên dưới rốn, tuy nhiên, có 2 trường hợp chúng tôi đi qua vết mổ đường ngang trên vệ, 1 trường hợp do có PTN làm hậu môn nhân tạo trước đó do tắc ruột, và được PTNS lần hai sau 1 tuần để cắt đại tràng, chúng tôi lấy bệnh phẩm qua vị trí mở thành bụng mạng sườn trái chỗ chân hậu môn nhân tạo. Điều này cũng cho thấy vị trí đường mổ lấy bệnh phẩm trong thực hiện miệng nối trong ổ bụng là chủ động hơn. Kích thước vết mổ trung bình của chúng tôi là 4,5cm cũng tương đương với nghiên cứu của Lê Huy Lưu là $4,3 \pm 0,6$ cm (3-5). Trong thực hiện miệng nối ngoài ổ bụng với PTNS hỗ trợ phải mở bụng ít nhất 5 – 6cm để đưa quai ruột ra ngoài để nối, do đó sự khó khăn đối với những trường hợp thành bụng dày hay béo phì. Việc kéo căng thành bụng sẽ gây đau sau mổ

dẫn đến ảnh hưởng đến sự phục hồi sau mổ của người bệnh. Các nghiên cứu cũng chứng minh, sự phục hồi sau mổ nhanh hơn ở nhóm PTNS hoàn toàn so với nhóm PTNS hỗ trợ. Và do tình trạng kéo thành bụng ít hơn cũng sẽ làm giảm đau sau mổ hơn. Trong nghiên cứu của chúng tôi, thời gian sử dụng thuốc giảm đau sau mổ là 2,64 ngày (2 – 4 ngày) tương đương với nghiên cứu của Lê Huy Lưu ($2,91 \pm 0,57$ ngày)[10]

Chúng tôi có 4 trường hợp viêm thủng túi thừa đại tràng trái, được phẫu thuật trong tình trạng không chuẩn bị đại tràng trước mổ. Tuy nhiên, theo dõi sau phẫu thuật cũng không có hiện tượng nhiễm trùng, áp xe dư sau mổ. Các nghiên cứu về thực hiện miệng trong ổ bụng với đại tràng trái như của Ngô Quang Duy hay của Lê Huy Lưu, cũng không ghi nhận trường nào liên quan đến biến chứng áp xe dư sau mổ. [6][10]

Trong nghiên cứu thời gian trung tiện trở lại trung bình là 3,4 ngày. Qua các thử nghiệm lâm sàng đối chứng ngẫu nhiên của Vignali, Allaix, Widmar, và Malczak cho thấy rằng, tỉ lệ liệt ruột sau phẫu thuật ở nhóm thực hiện miệng nối trong khoang bụng thấp hơn rõ rệt. Nguyên nhân của tình trạng này có thể do thao tác đụng chạm và co kéo lên đại tràng và mạc treo khi đem đoạn đại tràng ra ngoài để thực hiện miệng nối, từ đó làm tăng tình trạng liệt ruột sau phẫu thuật. Hơn nữa, đường mở bụng dài hơn khi thực hiện miệng nối ngoài khoang bụng cũng góp phần làm tăng mức độ đau sau phẫu thuật, tăng nhu cầu sử dụng thuốc giảm đau, từ đó làm tăng tình trạng liệt ruột do tác dụng phụ của thuốc giảm đau và sự hạn chế vận động của người bệnh. Thời gian nằm viện trung bình sau phẫu thuật trong nghiên cứu của chúng tôi là $7,2 \pm 4,2$ ngày (6 – 15 ngày). Với hai biến chứng gặp sau phẫu thuật là nhiễm trùng vết mổ có 1 bệnh nhân và 1 trường hợp viêm phổi.

V. KẾT LUẬN

Bước đầu triển khai kỹ thuật phẫu thuật nội soi cắt đại tràng trái với thực hiện miệng nối trong ổ bụng tại bệnh viện Hữu nghị Việt Tiệp cho thấy kết quả khả quan, an toàn, và khả thi với nhiều ưu điểm như: vết mổ ngắn hơn, ít đau hơn sau mổ, phục hồi chức năng ruột tốt, vị trí lấy bệnh phẩm chủ động, và không làm tăng các biến chứng khác so với phẫu thuật nội soi hỗ trợ. Tuy nhiên, đây là kỹ thuật khó, đòi hỏi phẫu thuật viên có kinh nghiệm trong mổ nội, trang thiết bị đồng bộ.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. **M Jacobs¹, J C Verdeja, H S Goldstein. (1991).** Minimally invasive colon resection (laparoscopic colectomy). Surg Laparosc Endosc. 1991 Sep;1(3):144-50.
2. **Lê Huy Lưu, Đỗ Thị Thu Phương, Ngô Quang Duy (2016).** Phẫu thuật cắt đại tràng nội soi với phục hồi lưu thông hoàn toàn trong ổ bụng. Y Học TP. HCM, 20(6):110-115.
3. **Mari GM, Crippa J, Costanzi A, et al (2018).** Intracorporeal anastomosis reduces surgical stress response in laparoscopic right hemicolectomy: a prospective randomized trial. Surgical Laparoscopy, Endoscopy & Percutaneous Techniques, 28(2):77-81.
4. **Vignali A, Bissolati M, De Nardi Paola, et al (2016).** Extracorporeal vs. intracorporeal ileocolic stapled anastomoses in laparoscopic right colectomy: an interim analysis of a randomized clinical trial. Journal of Laparoendoscopic & Advanced Surgical Techniques, 26(5):343-348.
5. **Allaix ME, Degiuli M, Bonino MA, et al. (2019),** Intracorporeal or extracorporeal ileocolic anastomosis after laparoscopic right colectomy: a double-blinded randomized controlled trial. Annals of Surgery, 270(5):762-767.
6. **Ngô Quang Duy, Phạm Tiến Quang, Lê Kim Long và cs (2024).** Miệng nổi trong hay ngoài ổ bụng trong phẫu thuật nội soi cắt đại tràng trái. Tạp chí ngoại khoa và Phẫu thuật nội soi Việt Nam (2024), 4(14). 90-97
7. **Anania G, Scagliarini L, Marzetti A, Vedana L, Marino S, et al (2012),** "A totally mini-invasive approach for colorectal laparoscopic surgery ". World Journal of Gastroenterology, 18(29), p. 3869 - 3874.
8. **Milone M, Elmore U, Vignali A, et al.** Recovery after intracorporeal anastomosis in laparoscopic right hemicolectomy: a systematic review and meta-analysis. Langenbeck's archives of surgery. 2018;403(1):1-10.
9. **Ung Văn Việt¹, Lê Minh Triết¹, Trần Thanh Sang và cs (2024).** So sánh kết quả của phương pháp thực hiệng miệng nổi trong và ngoài khoang bụng trong phẫu thuật nội soi điều trị ung thư đại tràng. Tạp chí Y học Việt Nam. Tập 542. Số 3. 2024. 130-135.
10. **Lê Huy Lưu¹, Phạm Tiến Quang Trần Anh Đức², Đào Văn Cam và cs (2022).** Phẫu thuật nội soi cắt đại tràng nổi trong ổ bụng chưa phổ biến tại Việt Nam: Do vấn đề chi phí hay thói quen. Nghiên cứu Y học. Y học Tp. Hồ Chí Minh Tập 26. Số 1.(2022). 70-76

SO SÁNH NGUY CƠ ĐẨY CHẤT BƠM RỬA QUA LỖ CHÓP CỦA KIM BƠM RỬA IRRIFLEX VỚI KIM CANALPRO SIDE-PORT TIPS - NGHIÊN CỨU *IN VITRO*

Nguyễn Thị Nguyệt Ánh^{1*}, Trương Hải Ninh¹, Nguyễn Thị Tuyết Trinh¹

TÓM TẮT

Mở đầu: Sodium hypochlorite (NaOCl) là dung dịch bơm rửa ống tủy được sử dụng rộng rãi trong nha nhờ khả năng hòa tan mô hữu cơ và đặc tính kháng khuẩn mạnh. Tuy nhiên, hiện tượng tràn NaOCl qua lỗ chóp trong quá trình bơm rửa vẫn là một biến chứng đáng lo ngại, có thể gây tổn thương mô quanh chóp, bao gồm mạch máu và thần kinh, tăng phản ứng đau. IrriFlex (Produits Dentaires, Thụy Sĩ) là kim bơm rửa thế hệ mới bằng polypropylene mềm, được thiết kế với hai lỗ thoát ngược nhằm giảm nguy cơ tràn qua chóp so với kim thép không gỉ truyền thống. Tuy nhiên, hiệu quả thực tế của thiết kế này vẫn cần được đánh giá thêm, đặc biệt trong điều kiện ống tủy cong. **Mục tiêu:** So sánh nguy cơ đẩy chất bơm rửa qua lỗ chóp của kim bơm rửa IrriFlex với kim CanalPro Side-Port Tips trong điều kiện *in vitro*. **Đối tượng và Phương pháp nghiên cứu:** Nghiên cứu *in vitro* được tiến hành trên 36 răng cối người đã nhổ, có ống tủy

cho phép trám số <20 đi hết chiều dài ống tủy và độ cong 15°–25° theo Schneider. Mẫu được chia ngẫu nhiên thành hai nhóm: nhóm IrriFlex (n = 18) và nhóm CanalPro Side-Port Tips (n = 18). Mỗi ống tủy được bơm rửa bằng 2,5 mL dung dịch NaOCl 3% trong 30 giây. Lượng dung dịch tràn qua lỗ chóp được định lượng gián tiếp thông qua diện tích gel agarose đổi màu bằng phần mềm ImageJ (NIH, USA). Dữ liệu được phân tích bằng kiểm định Shapiro–Wilk và T-test cho hai mẫu độc lập, với mức ý nghĩa $p < 0,05$. **Kết quả:** Nhóm kim bơm rửa IrriFlex cho giá trị trung bình tỉ lệ tràn chất bơm rửa qua qua lỗ chóp là $44,29 \pm 4,66$, cao hơn so với nhóm kim bơm rửa CanalPro Side-Port Tips ($26,37 \pm 6,78$). Sự khác biệt rất có ý nghĩa thống kê ($p < 0,0001$). **Kết luận:** Trong điều kiện nghiên cứu *in vitro*, kim bơm rửa IrriFlex cho thấy nguy cơ tràn dung dịch qua lỗ chóp cao hơn so với kim CanalPro Side-Port Tips trong các ống tủy cong 15°–25°. **Từ khóa:** Nội nha; IrriFlex; Sodium hypochlorite.

¹Khoa Răng Hàm Mặt, Đại học Y Dược thành phố Hồ Chí Minh

Chịu trách nhiệm chính: Nguyễn Thị Nguyệt Ánh

Email: ntnanh@ump.edu.vn

Ngày nhận bài: 7.1.2026

Ngày phản biện khoa học: 11.2.2026

Ngày duyệt bài: 4.3.2026

ABSTRACT

COMPARISON OF APICAL EXTRUSION RISK OF IRRIFLEX SOLUTIONS USING IRRIFLEX NEEDLES VERSUS CANALPRO SIDE-PORT TIPS: AN IN VITRO STUDY

Background: Sodium hypochlorite (NaOCl) is the most widely used root canal irrigant, but apical extrusion of NaOCl is a serious complication. IrriFlex (Produits Dentaires, Switzerland) is a next-generation, flexible polypropylene, side-vented needle with two back-facing outlets at the tip, designed to reduce apical extrusion compared with stainless steel needles. Its actual performance, however, remains under investigation, particularly in curved root canals.

Objective: To compare the risk of apical irrigant extrusion between IrriFlex and CanalPro Side-Port Tips needles *in vitro*. **Materials and methods:** Thirty-six extracted human molars with root canals negotiable to full working length only with instruments smaller than size 20 and presenting a curvature of 15°–25° (Schneider) were selected. Teeth were assigned to two groups: group I, irrigation with IrriFlex; group C, irrigation with CanalPro Side-Port Tips. Each root canal was irrigated with 2.5 ml of 3% NaOCl over 30 seconds. The percentage of apically extruded irrigant was quantified with ImageJ software (NIH, USA). Data normality was evaluated with the Shapiro–Wilk test, and groups were compared using an Independent-Samples T-test ($p < 0.05$). **Results:** The IrriFlex group showed a significantly higher mean percentage of apical irrigant extrusion ($44.29 \pm 4.66\%$) than the CanalPro Side-Port Tips group ($26.37 \pm 6.78\%$; $p < 0.0001$). **Conclusion:** Within the limitations of this *in vitro* study, IrriFlex irrigation needles were associated with a higher risk of apical extrusion than CanalPro Side-Port Tips in root canals with curvatures of 15°–25°. **Keywords:** Endodontics; IrriFlex; Irrigation; Sodium hypochlorite.

I. ĐẶT VẤN ĐỀ

Bơm rửa ống tủy bằng dung dịch NaOCl được lựa chọn phổ biến nhờ khả năng hòa tan mô hữu cơ và đặc tính kháng khuẩn mạnh. Tuy nhiên, hiện tượng NaOCl tràn quá chóp trong quá trình bơm rửa là một biến chứng đáng lo ngại, có thể gây tổn thương mô quanh chóp, nhiễm trùng thứ phát, hoặc thậm chí ảnh hưởng đến mạch máu và thần kinh [1]. Do đó, trong điều trị nội nha, kiểm soát nguy cơ tràn dung dịch bơm rửa quá chóp là yêu cầu quan trọng, không chỉ để phòng ngừa các biến chứng mà còn nâng cao hiệu quả điều trị nội nha thông qua việc tối ưu hóa sự an toàn và khả năng làm sạch ống tủy.

Thiết kế kim bơm rửa là một trong những yếu tố ảnh hưởng trực tiếp đến động lực học dòng chảy và nguy cơ tràn dung dịch qua chóp [1]. Kim CanalPro Side-Port Tips bằng thép không gỉ, đầu kín với một lỗ thoát bên, hiện vẫn được sử dụng phổ biến trong thực hành lâm sàng [2]. Gần đây, kim bơm rửa bằng polypropylene mềm đã được phát triển nhằm cải thiện khả năng tiếp cận vùng chóp trong các ống tủy cong [3] và tạo áp lực chóp thấp hơn [4].

Tuy nhiên, nguy cơ đẩy chất bơm rửa qua vùng chóp chưa được nghiên cứu. Kim bơm rửa IrriFlex, cũng là một loại kim polypropylene, với thiết kế hai lỗ thoát ngược ở đầu kim [5] đã được nghiên cứu về nguy cơ đẩy chất bơm rửa qua vùng chóp nhưng chỉ trên ống tủy thẳng ở răng cối nhỏ hàm dưới [6]. Vì vậy, nghiên cứu này được thực hiện nhằm đánh giá nguy cơ đẩy chất bơm rửa qua lỗ chóp của kim IrriFlex trong điều kiện ống tủy cong trung bình, qua đó cung cấp thêm bằng chứng về hiệu quả thực tế của thiết kế này.

II. ĐỐI TƯỢNG VÀ PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

2.1. Địa điểm và thời gian nghiên cứu

Nghiên cứu thực hiện từ tháng 03/2024 đến tháng 08/2025 tại Đơn vị tiền lâm sàng khoa Răng Hàm Mặt, Đại học Y Dược Thành phố Hồ Chí Minh.

2.2. Đối tượng nghiên cứu

36 răng cối người đã nhổ được lựa chọn.

Tiêu chuẩn chọn mẫu: răng còn nguyên vẹn chân răng, chưa điều trị nội nha, chóp đóng, ống tủy cho trám < #20 đi hết chiều dài làm việc, độ cong 15°–25° (mức trung bình theo Schneider do trên phim cận chóp).

Tiêu chuẩn loại trừ: răng đã điều trị nội nha, sâu chân răng, nứt/gãy, chóp chưa đóng, nội/ngoại tiêu, vôi hóa ống tủy.

2.3. Thiết kế nghiên cứu và cỡ mẫu

- Nghiên cứu *in vitro*.

- Mẫu được chia ngẫu nhiên thành 2 nhóm:

○ Nhóm C (CanalPro Side-Port Tips, $n = 18$).

○ Nhóm I (IrriFlex, $n = 18$).

2.4. Chuẩn bị mẫu và sửa soạn ống tủy

Răng được làm sạch bằng máy lấy cao siêu âm và bảo quản trong dung dịch NaCl 0,9% ở nhiệt độ phòng, thay dung dịch sau mỗi 24 giờ.

Mở đường vào ống tủy bằng mũi Endo Access Bur và Endo-Z. Chiều dài làm việc được xác định bằng cách đưa trám K số 10 đến khi đầu trám xuất hiện tại lỗ chóp, sau đó rút lại 1 mm. Sửa soạn và tạo dạng ống tủy theo đúng chiều dài làm việc bằng hệ thống trám quay Protaper theo trình tự S1, S2, F1, F2, duy trì sự thông suốt bằng trám K số 10. Giữa mỗi lần thay trám, bơm rửa với dung dịch NaOCl 3%. Sau khi hoàn tất sửa soạn, ống tủy được bơm rửa lần cuối với dung dịch NaOCl 3%, EDTA 17% (Coltene, Thụy Sĩ) và cuối cùng là nước cất, sau đó làm khô bằng côn giấy F2.

2.5. Cố định răng trong gel agarose

Hũ nhựa trong dung tích 72 ml được đổ đầy gel agarose 0,2% (pH: 7,3-7,4) trộn với 1 ml M-

Cresol tím 0,1% - chất chỉ thị nhạy với sự thay đổi pH. Sự chuyển màu từ vàng sang xanh được sử dụng để đánh giá lượng NaOCl (pH=11,4) tràn qua chóp. Đặt côn chính Gutta Percha F2 trong ống tủy đúng chiều dài làm việc, đảm bảo kín chóp nhằm ngăn gel agarose xâm nhập vào trong ống tủy. Răng được đặt cố định trong gel đến mức nổi men-xê măng và mỗi răng được che phủ bằng đê cao su.

2.6. Quy trình bơm rửa

Tất cả các thao tác bơm rửa được thực hiện bằng tay bởi một người thực hiện duy nhất, đã được huấn luyện và hiệu chuẩn thao tác trước khi tiến hành thí nghiệm nhằm giảm sai lệch do yếu tố người thao tác. Mỗi ống tủy được bơm rửa bằng 2,5 mL dung dịch NaOCl 3% trong 30 giây, sử dụng ống tiêm 5 mL, tương đương tốc độ 0,083 mL/giây [4]. Đầu kim IrriFlex được định vị cách chiều dài làm việc 1 mm [4] và gắn với chiều dài làm việc nhất có thể đối với kim CanalPro [3]. Kim không kẹt vào thành ống tủy và được duy trì chuyển động lên xuống nhẹ nhàng nhằm hạn chế tăng áp suất thủy động lực học tại vùng chóp.

2.7. Xác định lượng dung dịch bơm rửa tràn qua lỗ chóp

Gel được chụp ảnh sau 5 phút kể từ khi hoàn tất bơm rửa nhằm chuẩn hóa thời gian khuếch tán. Gel được đặt trước hộp đèn nhằm đảm bảo chiếu sáng đồng nhất, sau đó ghi hình bằng máy ảnh kỹ thuật số Canon EOS 5D Mark III theo hướng ngoài-trong ở khoảng cách cố định 30 cm. Các ảnh thu được được chuẩn hóa về kích thước 1863 x 1235 pixel và phân tích bằng phần mềm ImageJ (NIH, USA) để xác định diện tích vùng gel đổi màu (biểu thị bằng pixel).

Mỗi mẫu ảnh được đo lặp lại 3 lần bởi cùng một người, ghi nhận trị số trung bình và kiểm tra độ tin cậy bằng hệ số tương quan nội lớp (ICC). ICC (3,1) = 0,998 cho thấy độ tin cậy rất cao.

Tỉ lệ tràn chất bơm rửa (%) = $\frac{\text{Số pixel vùng tràn chất bơm rửa}}{\text{Số pixel tổng đã chuẩn hóa}} \times 100\%$

Kết quả được làm tròn đến 2 chữ số thập phân.

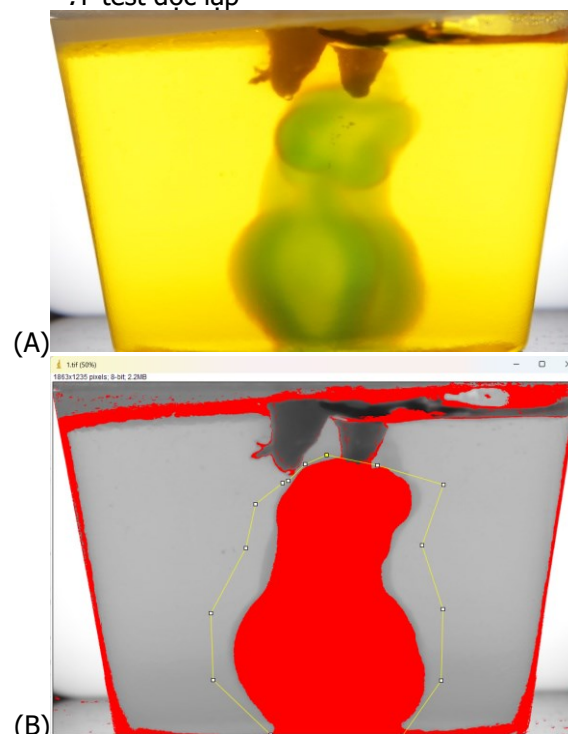
III. KẾT QUẢ NGHIÊN CỨU

Dữ liệu có phân phối chuẩn theo kiểm định Shapiro-Wilk. Kiểm định T-test hai mẫu độc lập (Bảng 3.1) cho thấy nhóm IrriFlex có tỉ lệ tràn dung dịch qua chóp cao hơn có ý nghĩa thống kê so với nhóm CanalPro Side-Port Tips (p < 0,0001). Mức độ ảnh hưởng Cohen's d = 3,08 cho thấy sự khác biệt giữa hai nhóm rất đáng kể.

Bảng 3.1. So sánh tỉ lệ tràn chất bơm rửa qua chóp của kim IrriFlex với kim CanalPro Side-Port Tips

Nhóm	n	Trung bình ± Độ lệch chuẩn (%)	Khoảng tin cậy 95%	Mức độ ảnh hưởng Cohen's d	p ^a
I	18	44,29 ± 4,66	41,98 – 46,01	3,08	<0,0001
C	18	26,37 ± 6,78	22,00 – 29,74		

^a.T-test độc lập



Hình 3.1. (A) Vùng gel agarose đổi màu (xanh) biểu thị lượng dung dịch NaOCl tràn qua lỗ chóp (B) Vùng gel đổi màu được phân tích bằng phần mềm ImageJ

IV. BÀN LUẬN

Có nhiều yếu tố ảnh hưởng đến hiện tượng tràn NaOCl qua lỗ chóp, bao gồm đường kính lỗ chóp và độ thuôn ống tủy, loại dụng cụ điều trị nội nha, kỹ thuật và thao tác bơm rửa cũng như thiết kế kim bơm rửa. Cơ chế chính gây tràn là sự tăng tạm thời áp suất thủy lực tại vùng chóp khi đầu kim di chuyển quá gần chóp, trong khi khoang phía trước kim ngày càng hẹp, dẫn đến đẩy dung dịch ra ngoài lỗ chóp [7].

Trong nghiên cứu này, chúng tôi so sánh nguy cơ đẩy chất bơm rửa qua lỗ chóp của hai loại kim bơm rửa là IrriFlex (polypropylene mềm, hai lỗ mở ngược hướng ở đầu kim, được thiết kế nhằm giảm nguy cơ tràn qua chóp) và CanalPro Side-Port Tips (kim thép không gỉ, đầu kín, một lỗ thoát bên). Khác với thông tin từ nhà sản xuất, kết quả nghiên cứu cho thấy kim IrriFlex có nguy cơ đẩy dung dịch qua chóp cao hơn đáng kể so với kim CanalPro Side-Port Tips ($p < 0,0001$). Sự khác biệt này có thể liên quan đến độ cong ống tủy (15° - 25°), đặc điểm thiết kế và vật liệu chế tạo kim, cũng như độ sâu đặt kim trong ống tủy - những yếu tố ảnh hưởng trực tiếp đến động lực học dòng chảy và áp suất tại vùng chóp. Cả hai loại kim bơm rửa đều có kích thước 30 gauge, nhưng theo thông tin từ nhà sản xuất, kim IrriFlex có đường kính trong lớn hơn so với kim CanalPro Side-Port Tips. Điều này có thể ảnh hưởng đến đặc tính dòng chảy và áp suất trong quá trình bơm rửa. Hơn nữa, có thể do vật liệu polypropylene mềm khi uốn cong trong ống tủy 15° - 25° đã làm thay đổi động lực học dòng chảy, khiến các lỗ thoát bị biến dạng, hoặc có thể do dòng chảy ngược bị cản trở, dẫn đến một lượng lớn dung dịch bị đẩy thẳng về phía chóp. Ngoài ra, kim mềm có thể tạo ra ít lực cản thành ống tủy hơn, giữ cho dung dịch tiếp xúc với chóp lâu hơn và tạo ra một "khe hở" dẫn chất lỏng di chuyển dễ hơn về phía chóp, từ đó tăng nguy cơ đẩy dung dịch qua lỗ chóp.

Nghiên cứu của Pinker và cộng sự [3] báo cáo rằng tại các độ cong ống tủy khác nhau ($24,7^{\circ}$; 46° ; $69,7^{\circ}$), sau khi được sửa soạn đến trầm số 25/0,06, kim bơm rửa thép không gỉ có lỗ thoát bên (30 gauge) chỉ có thể tiếp cận đến độ sâu cách chiều dài làm việc từ 2,07 đến 4,90 mm, trong khi kim polypropylene đạt được khoảng cách từ 0,44 đến 2,39 mm. Trên cơ sở đó, các tác giả khuyến nghị ưu tiên sử dụng kim bơm rửa polypropylene trong các ống tủy cong; trường hợp sử dụng kim thép không gỉ, cần uốn cong kim trước khi đưa vào ống tủy nhằm cải thiện khả năng tiếp cận chiều dài làm việc. Trong nghiên cứu này, độ cong ống tủy 15° - 25° giới hạn khả năng thâm nhập của kim bơm rửa bằng thép không gỉ. Do đó, đối với kim CanalPro Side-Port Tips, chúng tôi chỉ có thể đưa đầu kim gần với chiều dài làm việc nhất có thể (không vượt quá 1 mm). Ngược lại, kim IrriFlex, nhờ đặc tính mềm dẻo của vật liệu polypropylene, có thể tiếp cận đến vị trí cách chiều dài làm việc 1 mm trong tất cả các mẫu.

Tuy nhiên, Uzunoglu-Özyürek và cộng sự [8] ghi nhận rằng việc đặt kim bơm rửa cách chóp 1 mm làm tăng đáng kể lượng mảnh vụn bị đẩy ra ngoài lỗ chóp so với khi đặt cách chóp 3 mm. Chang và cộng sự [7] cho rằng kim bơm rửa đặt càng gần chiều dài làm việc, áp lực thủy động lực học tại vùng chóp càng tăng đáng kể, qua đó tăng nguy cơ đẩy dung dịch bơm rửa ra ngoài lỗ chóp. Trong nghiên cứu chúng tôi, kim IrriFlex có khả năng tiếp cận gần chóp hơn nên lượng dung dịch tràn qua lỗ chóp cao hơn đáng kể so với CanalPro Side-Port Tips, hoàn toàn phù hợp với các bằng chứng trong y văn hiện có.

Ngược lại, với ống tủy thẳng và độ xoắn 6% và 8%, Singh và cộng sự [8] ghi nhận kim đầu kín có một lỗ thoát bên, trong khi kim polypropylene với hai lỗ thoát đối xứng tạo áp lực chóp thấp nhất. Vì áp lực chóp càng cao thì nguy cơ đẩy chất bơm rửa ra ngoài qua lỗ chóp càng lớn [4], thiết kế hai lỗ thoát đối xứng của IrriFlex được xem là giúp phân tán áp lực thủy động lực học đều hơn, giảm thiểu nguy cơ tràn dịch. Tương tự, nghiên cứu của Habeeb và cộng sự [6] trên 60 răng cối nhỏ dưới nhận thấy kim IrriFlex đẩy lượng mảnh vụn ra ngoài chóp ít hơn đáng kể so với kim Max-I-Probe (đầu kín, một lỗ bên) và NaviTip FX (đầu hở, có chốt).

Như vậy, tổng hợp các bằng chứng hiện có cho thấy nguy cơ đẩy dung dịch và mảnh vụn qua lỗ chóp của kim IrriFlex là khác nhau trong điều kiện ống tủy thẳng và ống tủy cong. Điều này gợi ý trong điều trị nội nha ống tủy cong, cần cẩn trọng khi sử dụng kim IrriFlex, đặc biệt nên duy trì khoảng cách an toàn lớn hơn 1 mm so với chiều dài làm việc.

Cần lưu ý rằng diện tích vùng gel agarose đổi màu chỉ phản ánh mức độ lan tỏa tương đối của dung dịch trong môi trường mô phỏng và được xem như một chỉ dấu gián tiếp của nguy cơ tràn dung dịch trong điều kiện *in vitro*. Mô hình này cho phép quan sát trực quan hiện tượng tràn dung dịch thông qua phân tích diện tích ảnh. Tuy nhiên, phương pháp này không phản ánh đầy đủ các đặc tính sinh học và cơ học của mô quanh chóp thực sự, cũng như không định lượng chính xác thể tích dung dịch bị đẩy qua chóp. Đây là một trong những hạn chế của nghiên cứu.

V. KẾT LUẬN

Trong điều kiện nghiên cứu *in vitro* trên các ống tủy cong 15° - 25° , kim bơm rửa IrriFlex cho thấy tỉ lệ dung dịch bơm rửa tràn qua lỗ chóp