ผลลัพธ์ทางคลินิกของการใช้พลาสมาอากาศเย็น ในการช่วยรักษาแผลเรื้อรัง ศูนย์การดูแลแผลและออสโตมี โรงพยาบาลลำพูน

The Clinical Outcomes of Using Cold Atmospheric Plasma for Chronic Wound Treatment: Wound and Ostomy Care Center, Lamphun Hospital

ศศิธร พิชัยพงศ์ พย.ม.* Sasithorn Pichaipong, M.N.S.*

โสภา บัวงาม พย.บ.* Sopa Buangam, R.N.*

Corresponding author: Email: nurselamphun66@gmail.com

Received: 23 Sep 2025 , Revised: 15 Jan 2026, Accepted: 19 Mar 2026

บทคัดย่อ

การวิจัยกึ่งทดลองมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลลัพธ์ทางคลินิกจากการใช้พลาสมาอากาศเย็นในการช่วยรักษาแผลเรื้อรัง ต่อการแคบของแผลในระยะเวลา 2 เดือน การติดเชื้อ ภาวะแทรกซ้อนจากการใช้พลาสมาอากาศเย็น และระยะเวลาเฉลี่ยรวมตั้งแต่รักษาจนแผลหาย เลือกกลุ่มตัวอย่างแบบแบ่งชั้นโดยใช้โปรแกรม G*Power 3.1.9.4 ได้ผู้ป่วยจำนวน 176 คนที่มีแผลเรื้อรังชนิด แผลเบาหวาน แผลกดทับ แผลจากความผิดปกติของเส้นเลือด แผลเนื้อเน่า แบ่งเป็นกลุ่มควบคุม กลุ่มทดลอง จำนวนกลุ่มละ 88 คน โดยกลุ่มควบคุมได้รับการทำแผลแบบขั้นสูง กลุ่มทดลองได้รับการทำแผลแบบขั้นสูงร่วมกับเพิ่มพลาสมาอากาศเย็น 3 ครั้ง/สัปดาห์ ในช่วงเดือนมกราคม 2565 - มีนาคม 2568 วิเคราะห์ข้อมูลโดยหาค่าเฉลี่ย ร้อยละ สถิติ Independent t-test

ผลการวิจัยพบว่าในระยะเวลา 2 เดือน กลุ่มทดลองแผลแคบลงเฉลี่ย 6.59 เซนติเมตร กลุ่มควบคุมแผลแคบลงเฉลี่ยเพียง 0.49 เซนติเมตร ซึ่งแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < .001$) การติดเชื้อพบว่ากลุ่มควบคุมและกลุ่มทดลองไม่พบการติดเชื้อทั้งสองกลุ่ม ระยะเวลาเฉลี่ยรวมตั้งแต่รักษาแผลจนแผลหายกลุ่มควบคุมเฉลี่ย 175.92 วัน ขณะที่กลุ่มทดลองใช้ระยะเวลาเฉลี่ยรวมตั้งแต่รักษาแผลจนแผลหายเพียง 71.89 วัน แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < .001$) ด้านภาวะแทรกซ้อนจากการใช้พลาสมาอากาศเย็น พบอัตรากลิ่นเหม็นคาวโอโซนร้อยละ 18.18 ไม่มีอาการปวดและไม่มีอาการเนื้อเยื่อไหม้

**พยาบาลวิชาชีพ กลุ่มงานการพยาบาลผู้ป่วยศัลยกรรม โรงพยาบาลลำพูน E mail: nurselamphun66@gmail.com, fonSopabuangam@hotmail.com*

**Register nurse, Surgical Nursing department Lamphun Hospital*

การใช้พลาสมาเย็นเป็นการส่งเสริมการหายของแผลที่มีประสิทธิภาพ ทำให้ผลแคบเร็ว ไม่ก่อให้เกิดการติดเชื้อ ไม่พบอาการการปวด จึงควรมีการนำไปใช้ในการรักษาแผลเรื้อรังตั้งแต่ระยะแรกของการเกิดแผล

คำสำคัญ: การทำแผลแบบขั้นสูง การรักษาแผลเรื้อรัง พลาสมาอากาศเย็น

Abstract

This quasi-experimental study aimed to evaluate the clinical outcomes of cold atmospheric plasma (CAP) therapy in the management of chronic wounds. The outcomes included wound size reduction within two months, infection rate, complications related to CAP therapy, and the overall duration from treatment initiation to complete wound healing. Stratified random sampling was performed using a computer program. The sample size was calculated using G*Power version 3.1.9.4, yielding a total of 176 patients with chronic wounds, including diabetic ulcers, pressure ulcers, vascular ulcers, and necrotizing wounds. Participants were equally allocated into a control group and an experimental group. The control group received advanced wound care, while the experimental group received advanced wound care combined with cold atmospheric plasma therapy three times per week. The study was conducted from January 2022 to March 2025. Data were analyzed using mean, percentage, and independent t-test statistics.

The results showed that within two months, the experimental group demonstrated a mean wound size reduction of 6.59 cm, whereas the control group showed a mean reduction of only 0.49 cm with statistically significant difference ($p < .001$). No infections were observed in either group. The mean total duration from treatment initiation to complete wound healing was 175.92 days in the control group, compared with only 71.89 days in the experimental group, which was statistically significant difference ($p < .001$). Regarding complications related to cold atmospheric plasma therapy, 18.18% of patients reported a fishy ozone-like odor during treatment. No pain or tissue burns were observed.

The findings of this study suggest that cold atmospheric plasma is an effective adjunctive therapy for promoting wound healing. It accelerates wound size reduction, does not cause wound infection, and is not associated with pain during treatment. Therefore, cold atmospheric plasma should be considered for using in the management of chronic wounds, particularly when applied from the early stage of wound development.

Keywords: Advanced Wound Care, Chronic Wound Treatment, Cold Atmospheric Plasma

ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

แผลเรื้อรัง เป็นภาวะเจ็บป่วยที่ส่งผลกระทบ ทั้งทางด้านร่างกายทำให้เกิดความเจ็บปวดจากบาดแผล อวัยวะสูญเสียหน้าที่ส่งผลต่อการประกอบอาชีพ ด้านจิตใจทำให้สูญเสียภาพลักษณ์ เกิดความท้อแท้ และซึมเศร้า สูญเสียอิสระในการเข้าสังคม อีกทั้งครอบครัวผู้ที่ดูแลผู้ป่วยต้องมีภาระเพิ่มในการดูแล สูญเสียเวลาส่วนตัวและสูญเสียเวลาในการประกอบอาชีพ ดังนั้นการดูแลผู้ที่มีแผลเรื้อรังซึ่งเป็นภาวะที่แผลไม่หายตามระยะเวลาที่ควรจะเป็น[1] ให้สามารถกลับมาใช้ชีวิตประจำวันได้อย่างปกติสุข จึงต้องดูแลอย่างครอบคลุมแบบองค์รวม

จากการทบทวนเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องพบว่ามีการพัฒนาการทำแผลด้วยแนวคิดใหม่คือหลักการ Wound bed preparation[2] มาเป็นแนวทางในการจัดการแผล ประกอบไปด้วย 4 หลักการ DIME ได้แก่ จัดการกับเนื้อเยื่อที่ขัดขวางการเพิ่มของเนื้อที่งอกใหม่ เช่น เนื้อตาย (Debridement) 2) การจัดการเรื่องการอักเสบและการติดเชื้อ (Infection) 3) การควบคุมสารคัดหลั่งให้มีความสมดุล (Moisture balance) 4) การส่งเสริมการแคบเข้าของขอบแผล (Edge /epithelialization) ซึ่งวิธีการนี้มีข้อจำกัด ได้แก่ การจัดการอาการปวด อาการเลือดออกขณะตกแต่งบาดแผล การใช้อุปกรณ์พิเศษซึ่งผู้ป่วยต้องร่วมจ่าย การจัดการระดับเซลล์ เช่น การได้รับออกซิเจนเพื่อส่งเสริมการหายของแผล[3] ต่อมาในปี ค.ศ. 2020 มีการศึกษาหลักการรักษาแผลที่หายยาก (Hard-to-heal wound) เน้นการดูแลแผลเพื่อจัดการเนื้อตาย การใช้ผลิตภัณฑ์ปิดแผลที่เหมาะสม มีวิธีการได้แก่ 1) การทำความสะอาดแผล อย่างสม่ำเสมอด้วยน้ำเกลือหรือสารละลายที่เหมาะสม เพื่อป้องกันการติดเชื้อ 2) การจัดการเนื้อเยื่อที่ขัดขวางการหายของแผล 3) การจัดการแผลเพื่อกระตุ้นกระบวนการแคบของแผล 4) การใช้ผลิตภัณฑ์ปิดแผลที่เหมาะสม เลือกใช้แผ่นปิดแผลที่ช่วยให้แผลหายได้ดีและป้องกันการติดเชื้อ[4] วิธีการจัดการแผลทั้ง 2 วิธี เน้นหลักการประเมินแผลและวางแผนจัดการแผลโดยใช้ผลิตภัณฑ์ปิดแผลที่เหมาะสม ซึ่งเรียกว่าการทำแผลแบบขั้นสูง เมื่อเปรียบเทียบกับการทำแผลขั้นพื้นฐานพบว่าสามารถช่วยให้แผลหายได้เร็วกว่า[5] แต่มีข้อจำกัดด้านการจัดการระดับเซลล์ ได้แก่การจัดการภาวะพร่องออกซิเจนเรื้อรัง การกระตุ้นการสร้างเนื้อเยื่อในระดับเซลล์ จึงมีการพัฒนาการจัดการแผลระดับเซลล์ ซึ่งสามารถส่งเสริมการหายของแผลได้อย่างมีประสิทธิภาพยิ่งขึ้น ได้แก่ การนำสารอนุมูลอิสระในอากาศรอบตัวมาใช้ประโยชน์ ได้แก่ การบำบัดด้วยออกซิเจนความดันสูง ช่วยกระตุ้นกระบวนการฟื้นฟูแผลและบาดแผลโดยเพิ่มปริมาณออกซิเจนที่เข้าสู่เลือดและเนื้อเยื่อที่บาดเจ็บ (Hyperbaric oxigen therapy)[6] การนำพลาสมาเย็นที่ผลิตจากอากาศ เพื่อรักษาแผลเรื้อรัง โดยหลักการคือการใช้เครื่องผลิตพลาสมาอากาศซึ่งประกอบไปด้วยสารอนุมูลอิสระที่เป็นประโยชน์ต่อแผลได้แก่ อนุมูลไฮดรอกซิล อนุมูลออกไซด์ โอโซน ไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ ทำหน้าที่ในการทำลายผนังเซลล์ เยื่อหุ้มเซลล์ และ องค์ประกอบภายในเซลล์ เช่น DNA ของเซลล์แบคทีเรียจึงสามารถทำลาย

เซลล์แบคทีเรียโดยที่ไม่ทำให้เกิดความเสียหายแก่เซลล์หรือเนื้อเยื่อของแผล อนุมูลไนตริกออกไซด์เป็นโมเลกุลส่งสัญญาณของเซลล์กระตุ้นเซลล์ (Cell stimulation) เช่น กระตุ้นการเพิ่มจำนวนของเซลล์ (Cell proliferation) และการเคลื่อนที่ของเซลล์ (Cell migration) การสร้างเส้นเลือดใหม่ (Angiogenesis) การสังเคราะห์คอลลาเจน (Collagen synthesis) เพื่อซ่อมแซมผิวหนังที่เสียหาย[7] ซึ่งมีการพัฒนาเครื่องผลิต Cold air plasma เช่น CAPJ รุ่น Nightingale[13] Plasma Derm[14] kINPen[15] SteriPlas[16] Bioplasma[17] เป็นต้น

มีการศึกษา การใช้พลาสมาอากาศในการรักษาแผล เช่น ในปีค.ศ. 2021 การศึกษาการใช้พลาสมา ซึ่งใช้ Argon gas เป็นสารตั้งต้นเพื่อผลิตสารอนุมูลอิสระ พบว่าสามารถช่วยกระตุ้นการหายของแผลได้อย่างมีประสิทธิภาพ[8] และการศึกษาการใช้พลาสมาอากาศในการรักษาแผลเบาหวานพบว่าสามารถกระตุ้นการหายของแผลเบาหวานได้อย่างมีประสิทธิภาพ[9] ในปีค.ศ. 2022 การศึกษาการใช้พลาสมาอากาศเย็นในการฆ่าเชื้อแบคทีเรียและกระตุ้นการหายของแผลเรื้อรังได้อย่างมีประสิทธิภาพ[10] เป็นต้น ดังนั้นการดูแลแผลแบบควบคู่กันทั้งการจัดการแผลและการส่งเสริมการหายของแผลในระดับเซลจึงช่วยให้แผลหายเร็วขึ้น ผู้ป่วยมีคุณภาพชีวิตที่ดียิ่งขึ้น

จากสถิติแผลเรื้อรังศูนย์การดูแลแผลและออสโตมี โรงพยาบาลลำพูนปี พ.ศ. 2562 -2564 คือ 39 ราย 40 ราย และ 49 ราย visit มาทำแผล 3,649 ครั้ง 3,570 ครั้ง 3,535 ครั้งตามลำดับ พบปัญหาจากการจัดการแผลคือความก้าวหน้าของแผลคงเดิมเป็นเวลานานเกิน 2 เดือน ผู้ป่วยต้องมาทำแผลเป็นเวลานาน จากการวิเคราะห์สถานการณ์พบว่าสูญเสียค่าใช้จ่ายในการเดินทางมาทำแผลเฉลี่ยวันละ 150 บาท สูญเสียภาพลักษณ์และการใช้ชีวิตในสังคม การประกอบอาชีพ อีกทั้งเกิดความเครียดคิดเป็นร้อยละ 42.33 ซึ่งการเผชิญกับการมีบาดแผลเป็นระยะเวลานาน ส่งผลต่อคุณภาพชีวิตของผู้ป่วย โดยพบว่าผู้ป่วยที่มีแผลเรื้อรังสถิติสูงสุด 30 ปี พบผู้ป่วยแผลเรื้อรังที่แผลไม่มีความก้าวหน้า แผลไม่ดีขึ้นแต่ไม่แย่ลง เป็นความท้าทายของบุคลากรทางการแพทย์ผู้ให้การดูแลรักษาที่จะพัฒนาการดูแลแผลให้มีความก้าวหน้าและแผลหายได้อย่างมีประสิทธิภาพ

ดังนั้นผู้ศึกษาในฐานะผู้จัดการรายกรณีแผลเรื้อรัง จึงมีแนวคิดพัฒนาการดูแลรักษาแผลเรื้อรังด้วยการเพิ่มพลาสมาอากาศเย็นจากการทำแผลแบบขั้นสูงที่มีกระบวนการประเมินและดูแลโดยพยาบาลเฉพาะทางในการดูแลแผลฯและใช้ผลิตภัณฑ์ในการดูแลแผล โดยเครื่องผลิตพลาสมาอากาศผลิตในประเทศไทยเข้าถึงได้ง่ายจากศูนย์วิจัยฟิสิกส์ของพลาสมาและลำอนุภาค คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ การผลิตสารตั้งต้นใช้อากาศรอบตัว กระตุ้นการผลิตด้วยกระแสไฟฟ้า ผลิตสำเร็จในตัวเครื่อง ไม่ต้องมีตัวนำไฟฟ้า จึงมีความปลอดภัยต่อผู้ใช้งาน ได้รับการรับรองมาตรฐานความปลอดภัย ISO 9001:2015 EN13485:2016 และได้รับการสอบเทียบก่อนเริ่มการทดลอง โดยปรับตั้งแรงดันไฟฟ้า ความถี่ และอัตราการไหลของอากาศตามค่ามาตรฐานของผู้ผลิต อุณหภูมิที่ผิวแผลขณะใช้งานถูกตรวจวัดด้วยเครื่องอินฟราเรดและ

ควบคุมไม่เกิน 40 องศาเซลเซียส การสอบเทียบเป็นการตรวจสอบภายในโดยทีมวิจัยเพื่อยืนยันความถูกต้อง ความสม่ำเสมอ และความปลอดภัยของเครื่องมือก่อนนำมาใช้จริงเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการรักษาแผลเรื้อรังให้มีประสิทธิภาพยิ่งขึ้นต่อไป

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อเปรียบเทียบการแคบของแผลเรื้อรังภายในระยะเวลา 2 เดือน ระหว่างผู้ป่วยที่ได้รับการทำแผลแบบขั้นสูงร่วมกับการใช้พลาสมาอากาศเย็นกับผู้ป่วยที่ได้รับการทำแผลแบบขั้นสูงเพียงอย่างเดียว

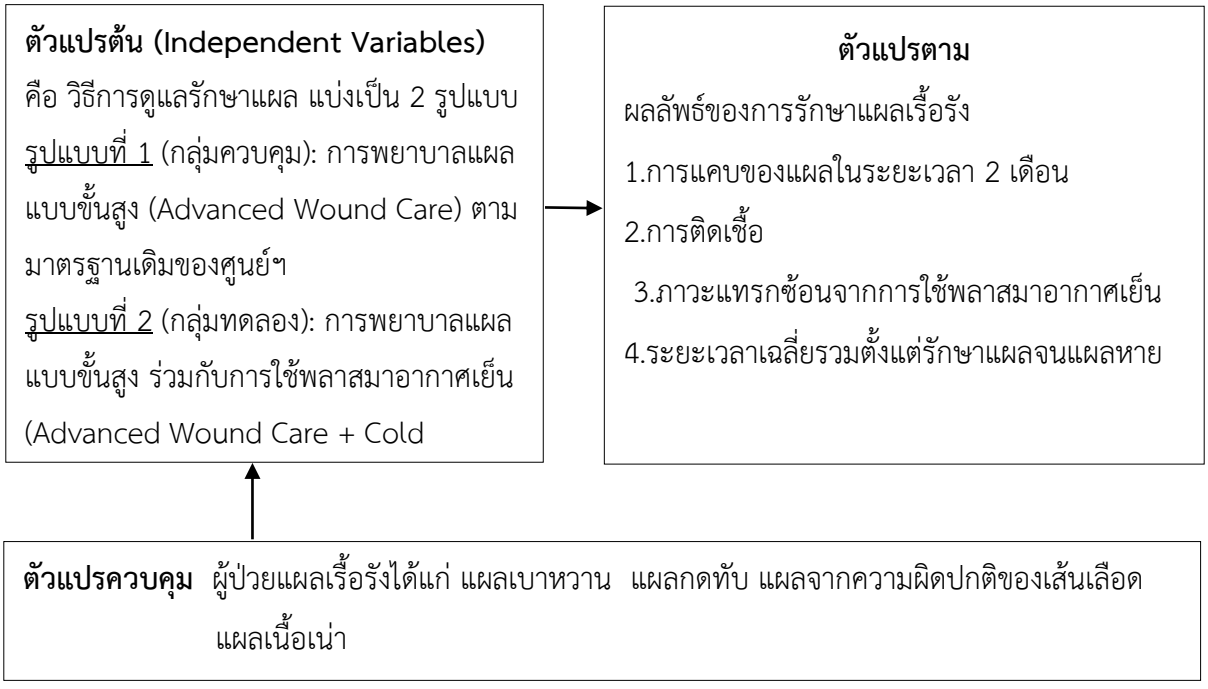
2. เพื่อเปรียบเทียบอัตราการเกิดการติดเชื้อของแผลเรื้อรังระหว่างกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม

3. เพื่อศึกษาภาวะแทรกซ้อนจากการใช้พลาสมาอากาศเย็นในการรักษาแผลเรื้อรัง ได้แก่ อาการปวด การเกิดเนื้อเยื่อไหม้ และอาการกลิ่นเหม็นคาวโอโซน

4. เพื่อเปรียบเทียบระยะเวลาเฉลี่ยรวมตั้งแต่เริ่มการรักษาจนแผลหาย ระหว่างกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม

กรอบแนวคิด

การวิจัยครั้งนี้เป็นการวิจัยกึ่งทดลอง (Quasi-experimental research design) เพื่อศึกษาผลของการใช้พลาสมาอากาศเย็นในการช่วยรักษาแผลเรื้อรังให้หายขาด กรอบแนวคิดดังนี้



วิธีดำเนินการวิจัย

ประชากรที่ศึกษา ได้แก่ ผู้ป่วยเพศชายและหญิงแผลเรื้อรังที่เข้ารับบริการรักษาแผลที่ศูนย์การดูแลแผลและออสโตมี โรงพยาบาลลำพูน

กลุ่มตัวอย่าง

การเลือกกลุ่มตัวอย่างแบบแบ่งชั้น (Stratified random sampling) ได้แก่ผู้ป่วยเพศชายและหญิงแผลเรื้อรังที่เข้ารับบริการรักษาแผลที่ศูนย์การดูแลแผลและออสโตมี โรงพยาบาลลำพูน ระหว่างเดือนกรกฎาคม 2565 - มีนาคม 2568

เกณฑ์ในการคัดเลือกกลุ่มตัวอย่าง (Inclusion Criteria) คือ

1. เกณฑ์ด้านผู้ป่วย (Patient-related criteria)

1.1 ได้รับการวินิจฉัยว่าเป็นแผลเบาหวาน (DM foot ulcer) แผลกดทับ (Pressure ulcer) แผลเนื้อเน่า (Necrotizing fasiitis) แผลที่เกิดจากความผิดปกติของเส้นเลือดได้แก่แผลที่เกิดจากเส้นเลือดดำผิดปกติที่ขา (Venous leg ulcer)แผลจากเส้นเลือดแดงอุดตัน (Arterial occlusion ulcer)

2. เกณฑ์ด้านแผล (Wound-related criteria)

2.1 แผลที่ไม่มีการหายของแผล หรือแผลที่ไม่แสดงการลดลงของขนาดแผลอย่างมีนัยสำคัญ (แคบลงน้อยกว่า 1 เซนติเมตร) ภายในระยะเวลาอย่างน้อย 4 สัปดาห์ ของการรักษามาตรฐาน ก่อนเข้าร่วมโครงการ

2.2 ขนาดของแผล: แผลมีขนาดที่สามารถวัดและประเมินผลได้อย่างชัดเจน

2.3 ตำแหน่งของแผล: แผลอยู่ในตำแหน่งที่สามารถเข้าถึงและใช้เครื่องพลาสมาอากาศเย็น (Cold Atmospheric Plasma: CAP) ในการรักษาได้อย่างปลอดภัย

2.4 ประเภทของแผล: แผลที่ไม่ซับซ้อนมากเกินไป (เช่น ไม่มีการติดเชื้อรุนแรงจนต้องรับการรักษาแบบฉุกเฉิน หรือไม่มีเนื้อตายในปริมาณมากจนต้องผ่าตัดทันที)

3. เกณฑ์ด้านการรักษา (Treatment-related criteria)

3.1 ผู้ป่วยที่ได้รับการพิจารณาจากแพทย์/พยาบาลผู้เชี่ยวชาญให้ เหมาะสมกับการรักษาด้วยพลาสมาอากาศเย็น ตามแนวทางการปฏิบัติงานของศูนย์ดูแลแผลและออสโตมี

เกณฑ์การคัดออก (Exclusion criteria)

1. เกณฑ์ด้านความปลอดภัยและการรักษาด้วย CAP (CAP safety and treatment)

1.1 การตั้งครรภ์/ให้นมบุตร: ผู้ป่วยหญิงที่ตั้งครรภ์หรือให้นมบุตร

1.2 การฝังเครื่องมืออิเล็กทรอนิกส์ในร่างกาย: ผู้ป่วยที่มีเครื่องกระตุ้นหัวใจ (Pacemaker) หรือเครื่องมือทางการแพทย์อิเล็กทรอนิกส์อื่นๆ ที่ฝังอยู่ในร่างกายใกล้กับบริเวณที่ทำการรักษา (เพื่อหลีกเลี่ยงการรบกวนคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า)

1.3 โรคมะเร็งที่บริเวณแผล: ผู้ป่วยที่มีการวินิจฉัยว่าเป็นมะเร็งผิวหนัง หรือเนื้องอกร้ายที่บริเวณแผลหรือรอบแผล (เพื่อหลีกเลี่ยงผลกระทบต่อเซลล์มะเร็ง)

2. เกณฑ์ด้านสุขภาพและการรักษาทั่วไป (General health and treatment)

2.1 ภาวะติดเชื้อรุนแรง: แผลที่มีการติดเชื้อรุนแรงที่ลุกลามไปยังกระแสเลือด (Sepsis) หรือ

ต้องได้รับการผ่าตัดฉุกเฉิน/การรักษาด้วยยาปฏิชีวนะทางหลอดเลือดดำที่เข้มข้นในโรงพยาบาล (เนื่องจากต้องรักษาภาวะคุกคามชีวิตก่อน)

2.2 ภาวะภูมิคุ้มกันบกพร่องรุนแรง: ผู้ป่วยที่ได้รับยากดภูมิคุ้มกันในปริมาณสูง หรือมีภาวะภูมิคุ้มกันบกพร่องแต่กำเนิด/ที่ได้รับมาซึ่งอาจส่งผลกระทบอย่างมากต่อกระบวนการหายของแผล

2.3 ภาวะขาดเลือดรุนแรง: ผู้ป่วยที่มีการไหลเวียนเลือดไปเลี้ยงแผลไม่เพียงพออย่างรุนแรง (Critical limb ischemia) โดยเฉพาะแผลหลอดเลือดแดงบกพร่อง (Arterial ulcers) ที่ยังไม่ได้รับการรักษาด้วยการผ่าตัดบายพาสหรือการขยายหลอดเลือด (Revascularization)

2.5 ภาวะโภชนาการรุนแรง: ผู้ป่วยที่มีภาวะขาดสารอาหารรุนแรงที่ยังไม่ได้รับการแก้ไข

3. เกณฑ์ด้านการเข้าร่วม (Participation criteria)

3.1 ไม่สามารถหรือไม่ยินยอมให้ความร่วมมือ: ผู้ป่วยที่ไม่สามารถปฏิบัติตามแผนการรักษาหรือการติดตามผลได้อย่างเคร่งครัด หรือไม่สามารถเข้าใจขั้นตอนการวิจัยได้

3.2 การใช้การรักษาอื่น ๆ: ผู้ป่วยที่กำลังได้รับการรักษาแผลด้วยวิธีการทดลองอื่นๆ นอกเหนือจากการรักษามาตรฐานและ CAP ในระหว่างการศึกษา

3.3 การเข้าร่วมการศึกษาอื่น: ผู้ป่วยที่กำลังเข้าร่วมการวิจัยทางคลินิกอื่นๆ ที่อาจส่งผลกระทบต่อการหายของแผล

3.4 กรณีเสียชีวิต/ย้ายที่อยู่

ขนาดกลุ่มตัวอย่าง

คำนวนขนาดกลุ่มตัวอย่างใช้โปรแกรม G*Power 3.1.9.4 โดยการกำหนด Effect size = 0.5 และค่าความคลาดเคลื่อนเท่ากับ 0.05 ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ขนาดกลุ่มตัวอย่างกลุ่มละ 88 คน สุ่มกลุ่มตัวอย่างแบบแบบง่าย โดยการจับฉลาก

เครื่องมือในการวิจัย

เครื่องมือรวบรวมข้อมูลส่วนบุคคล ซึ่งผู้วิจัยพัฒนาขึ้นประกอบด้วย

ส่วนที่ 1 แบบสอบถามข้อมูลผู้ป่วยกลุ่มตัวอย่างประกอบไปด้วยหัวข้อ อายุ การวินิจฉัย

ส่วนที่ 2 เครื่องมือที่ใช้ศึกษา

2.1 แบบประเมินผลของการใช้พลาสมาอากาศเย็นในการช่วยรักษาแผลเรื้อรัง ประกอบไปด้วย หัวข้อ การแคบลงของแผลในระยะเวลา 2 เดือน อาการหลังการใช้พลาสมาอากาศ ได้แก่ อาการเนื้อเยื่อไหม้ อาการเนื้อเยื่อช้ำ อาการปวด อาการอื่น ๆ ระยะเวลาเฉลี่ยรวมตั้งแต่รักษาแผลจนแผลหาย การติดเชื้อ

2.2 คู่มือและแนวทางการรักษาเสริมด้วยพลาสมาอากาศเย็น

การตรวจสอบคุณภาพของเครื่องมือ

1. การตรวจสอบคุณภาพเครื่องมือ (Content validity) ดังนี้

ตรวจสอบความตรงตามเนื้อหาโดยการตรวจสอบจากผู้ทรงคุณวุฒิ 3 ท่าน ได้แก่ อาจารย์พี่เลี้ยงในการสอนหลักสูตรพยาบาลเฉพาะทางผู้ป่วยบาดแผล ออสโตมีและควบคุมการขับถ่าย 1 ท่าน แพทย์

ศัลยกรรมผู้เชี่ยวชาญในการรักษาแผลเรื้อรัง 1 ท่าน อาจารย์สาขาวิชาวิทยาการข้อมูลและการคำนวณ ผู้เชี่ยวชาญด้านพลาสมาอากาศเย็น 1 ท่าน คำนวณค่าความตรงได้ดังนี้

แบบสอบถามผู้ป่วยกลุ่มตัวอย่าง CVI = 1.00 อยู่ในระดับยอมรับได้ แบบประเมินผลของการใช้พลาสมาอากาศเย็นในการช่วยรักษาแผลเรื้อรังและคู่มือและแนวทางการรักษาเสริมด้วยพลาสมาอากาศเย็น CVI = .9 อยู่ในระดับยอมรับได้ และเครื่อง Compact air plasma jet รุ่น Nightingale ได้รับการรับรองมาตรฐานความปลอดภัย ISO 9001:2015 EN13485:2016

2. การตรวจสอบความเชื่อมั่นของเครื่องมือ (Reliability)

การตรวจสอบความเชื่อมั่นของเครื่องมือ ที่ปรับแก้ตามข้อแนะนำของผู้ทรงคุณวุฒิไปทดลองใช้กับกลุ่มตัวอย่างที่มีคุณสมบัติที่คล้ายกับกลุ่มตัวอย่างที่ศึกษา ดังนี้ แบบสอบถามผู้ป่วยกลุ่มตัวอย่าง โดยนำไปทดลองใช้กับผู้ป่วย 10 คนใช้สัมประสิทธ์อัลฟาของครอนบาค โดยค่าความเชื่อมั่น = .71 อยู่ในระดับดี แบบประเมินผลของการใช้พลาสมาอากาศเย็นในการช่วยรักษาแผลเรื้อรัง โดยนำไปทดลองใช้กับพยาบาลในการรายงานผลผู้ป่วย 10 คน ใช้สัมประสิทธ์อัลฟาของครอนบาคค่าความเชื่อมั่น = .83 อยู่ในระดับดี

คู่มือและแนวทางการรักษาเสริมด้วยพลาสมาอากาศเย็น นำไปทดลองใช้กับพยาบาลในการรายงานผลผู้ป่วย 5 คน ใช้สัมประสิทธ์อัลฟาของครอนบาค ค่าความเชื่อมั่น = .83 อยู่ในระดับดี

เครื่อง Compact air plasma jet รุ่น Nightingale ได้รับการสอบเทียบก่อนเริ่มการทดลอง โดยปรับตั้งแรงดันไฟฟ้า ความถี่ และอัตราการไหลของอากาศตามค่ามาตรฐานของผู้ผลิต อุณหภูมิที่ผิวแผลขณะใช้งานถูกตรวจวัดด้วยเครื่องอินฟราเรดและควบคุมไม่เกิน 40 องศาเซลเซียส การสอบเทียบเป็นการตรวจสอบภายในโดยทีมวิจัยเพื่อยืนยันความถูกต้อง ความสม่ำเสมอ และความปลอดภัยของเครื่องมือ

ขั้นตอนการดำเนินการวิจัย

ขั้นเตรียมการ

1. กำหนดประเด็นปัญหาที่ต้องการแก้ไขจากการทบทวนปัญหาในการดูแลแผลเรื้อรังซึ่งส่งผลกระทบต่อคุณภาพชีวิตผู้ป่วย ได้แก่ แผลหายช้า นำเสนอหัวหน้ากลุ่มงานชี้แจงวัตถุประสงค์การวิจัย วิธีดำเนินการวิจัยและขออนุมัติเพื่อดำเนินการวิจัยทำวิจัย

2. เขียนโครงร่างวิจัยเพื่อส่งขอรับการพิจารณาจริยธรรมวิจัยในมนุษย์ จริยธรรมวิจัย โรงพยาบาลลำพูน รหัส EC คือ Ethic LPN089/2565

3. ประสานกับศูนย์วิจัยฟิสิกส์ของพลาสมาและลำอนุภาค คณะวิทยาศาสตร์

มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ เพื่อทำหนังสือถึงผู้อำนวยการโรงพยาบาลลำพูนขออนุญาตนำเครื่อง Compact Air plasma Jet รุ่น Nightingale มาใช้ในการรักษาแผลเรื้อรัง

4. ผู้วิจัยอบรมและศึกษาการทำงานและการใช้รวมถึงเทคนิคการใช้เครื่อง Compact Air plasma Jet รุ่น Nightingale จากทีมศูนย์วิจัย

ฟิสิกส์ของพลาสมาและลำอนุภาค คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

จัดทำคู่มือและแนวทางการรักษาเสริมด้วยพลาสมาอากาศเย็น พร้อมตรวจสอบจากผู้ทรงคุณวุฒิ และหาความเชื่อมั่นของเครื่องมือ ได้แก่อาจารย์พี่เลี้ยงในการสอนหลักสูตรพยาบาลเฉพาะทางผู้ป่วยบาดแผล ออสโตมีและควบคุมการขับถ่าย 1 ท่าน แพทย์ศัลยกรรมผู้เชี่ยวชาญในการรักษาแผลเรื้อรัง 1 ท่าน อาจารย์สาขาวิชาวิทยาการข้อมูลและการคำนวณผู้เชี่ยวชาญด้านพลาสมาอากาศเย็น 1 ท่านโดยใช้เครื่องมือประเมินคุณภาพแนวปฏิบัติทางคลินิก(Agree II)[18] ได้คะแนน ร้อยละ 78.67

6. อบรมหลักการในการรักษาแผลด้วยพลาสมาอากาศและฝึกทักษะการใช้เครื่อง Compact Air plasma Jet รุ่น Nightingale ได้แก่ พยาบาลวิชาชีพผู้ใช้เครื่องและศัลยแพทย์

ขั้นดำเนินการ

คัดเลือกกลุ่มควบคุมและกลุ่มทดลอง สุ่มกลุ่มตัวอย่างแบบง่ายโดยการจับฉลาก กลุ่มควบคุมให้การพยาบาลแผลโดยการทำแผลแบบขั้นสูงได้แก่ ทำแผลโดยใช้ผลิตภัณฑ์ในการดูแลแผล กลุ่มตัวอย่างจำนวน 88 คน และกลุ่มทดลองให้การพยาบาลแผลคือใช้ผลิตภัณฑ์ในการดูแลแผลและเพิ่มพลาสมาอากาศเย็นได้แก่พ่นพลาสมาอากาศเย็นหลังจากจัดการแผล ก่อนใช้ผลิตภัณฑ์ในการดูแลแผล 3 ครั้ง/สัปดาห์ กลุ่มตัวอย่างจำนวน 88 คน





ระยะที่ 3 วิเคราะห์และสรุปผล ดังนี้

ส่วนที่ 1 ข้อมูลทั่วไปของกลุ่มตัวอย่าง นำมาหาค่าร้อยละและแจกจงความถี่

ส่วนที่ 2 ผลของการใช้พลาสมาอากาศเย็นช่วยรักษาแผลเรื้อรังข้อมูลที่ศึกษาประกอบไปด้วย

1. การแคบของแผลในระยะเวลา 2 เดือน ระยะเวลาเฉลี่ยรวมตั้งแต่รักษาแผลจนแผลหายนำข้อมูลมาแจกแจงความถี่และหาค่าร้อยละเปรียบเทียบกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุมด้วยสถิติ Independent t Test

2. ภาวะแทรกซ้อนจากการใช้พลาสมาอากาศเย็น: เนื้อเยื่อไหม้ ปวดและอื่น ๆ นำข้อมูลมาแจกแจงความถี่และหาค่าร้อยละ

การพิทักษ์สิทธิ์ของกลุ่มตัวอย่าง

การวิจัยครั้งนี้ได้พิจารณาข้อกำหนดด้านจริยธรรมดังต่อไปนี้

1. การเข้าร่วมโครงการวิจัยของอาสาสมัครโดยความสมัครใจ และแสดงความยินยอมเข้าร่วมการวิจัย (informed consent) สิทธิในการปฏิเสธการเข้าร่วม ปฏิเสธการตอบคำถามและการถอนตัว

2. การเก็บรักษาความลับของอาสาสมัคร ผู้วิจัยรับรองว่าจะเก็บข้อมูลส่วนตัวของอาสาสมัครเป็นความลับ และจะเปิดเผยได้เฉพาะเมื่อได้รับการยินยอมจากอาสาสมัครเท่านั้น

3. กระบวนการวิจัยนี้จะไม่ส่งผลอันตรายร้ายแรงต่อกลุ่มตัวอย่าง ทั้งนี้หากเกิดอันตรายใด ๆ ขึ้นจากการวิจัยดังกล่าวนี้ อาสาสมัครจะได้รับการรักษาพยาบาลตามแนวทางมาตรฐานโดยไม่เสียค่าใช้จ่าย และไม่มีการเก็บข้อมูลใด ๆ เพิ่มเติมหลังจากที่อาสาสมัครขอยกเลิกการเข้าร่วมโครงการวิจัย

ผลการวิจัย

ส่วนที่ 1 ข้อมูลทั่วไปของกลุ่มตัวอย่างนำมาหาค่าร้อยละและแจกจงความถี่

ผลการศึกษาพบว่ากลุ่มควบคุมมีอายุเฉลี่ย 59.18 (Mean=59.18,S.D.=6.12) กลุ่มทดลองอายุเฉลี่ย 60.33 (Mean=60.33,S.D.=5.62) ทดสอบความแปรปรวนพบว่าไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ (p-value = .53) กลุ่มควบคุมเป็นเพศชายคิดเป็นร้อยละ 69.32 เพศหญิงร้อยละ 30.68 กลุ่มควบคุมเป็น เพศชายคิดเป็นร้อยละ 67.05 เพศหญิงร้อยละ 32.95 ทดสอบความแตกต่างด้วยสถิติ Independent t test พบว่าไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ (p-value = .52)

กลุ่มควบคุมแบ่งตามโรคพบว่าเป็นแผลกดทับร้อยละ 5.68 แผลเบาหวานร้อยละ 43.18 แผลเนื้อเน่าร้อยละ 47.73 แผลเส้นเลือดผิดปกติร้อยละ 3.41 กลุ่มทดลองพบว่าเป็นแผลกดทับ ร้อยละ 12.5 แผลเบาหวานร้อยละ 40.91 แผลเนื้อเน่าร้อยละ 43.18 แผลเส้นเลือดผิดปกติ ร้อยละ 3.41 ทดสอบความแตกต่างด้วยสถิติ Independent t test พบว่าไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ (p-value = .24)

ส่วนที่ 2 ผลการใช้พลาสมาอากาศเย็นในการรักษาแผลเรื้อรังข้อมูลที่ศึกษาประกอบไปด้วย

ตารางที่ 1 แสดงการแคบของแผลหรือ การเกิด Epithelialization (หน่วยเป็นเซนติเมตร) ในระยะเวลา 2 เดือน

หัวข้อ	n	Mean	S.D.	Std Error Mean	t-test	95%Cl		P-value
						Lower	Upper	
-การแคบของแผลหรือ การเกิด Epithelialization (หน่วยเป็นเซนติเมตร)				0.11	-57.98	-6.31	-5.89	<.001
กลุ่มควบคุม	88	0.49	0.24					
กลุ่มทดลอง	88	6.59	0.96					

จากตารางแสดงให้เห็นว่ากลุ่มทดลองที่ใช้พลาสมาอากาศเย็นช่วยให้แผลแคบในระยะเวลา 2 เดือนแผลแคบเร็วกว่ากลุ่มควบคุม แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ค่า p-value < .001

ตารางที่ 2 แสดงผลของการใช้พลาสมาอากาศเย็นในการช่วยรักษาแผลเรื้อรังประกอบไปด้วยหัวข้อ การติดเชื้อ ภาวะแทรกซ้อนจากการใช้พลาสมาอากาศเย็น

หัวข้อ	กลุ่มควบคุม (n=88) จำนวน (ร้อยละ)	หลังการพัฒนา(n=88) จำนวน (ร้อยละ)
-การติดเชื้อ	0(0)	0(0)
-ภาวะแทรกซ้อนจากการใช้พลาสมาอากาศเย็น:		
เนื้อเยื่อไหม้		0(0)
ปวด		0 (pain score=0)
อื่นๆได้แก่กลิ่นเหม็นคาว		16 ราย (ร้อยละ 18.18)

จากตารางพบว่าไม่เกิดการติดเชื้อทั้งก่อนและหลังการพัฒนา ภาวะแทรกซ้อนจากการใช้พลาสมาอากาศเย็น: ไม่พบเนื้อเยื่อไหม้ ไม่ก่อให้เกิดอาการปวด พบอาการเหม็นคาวกลิ่นโอโซน ร้อยละ 18.18

ตารางที่ 3 แสดงระยะเวลาเฉลี่ยรวมตั้งแต่รักษาแผลจนแผลหาย (วัน)

หัวข้อ	n	$\bar{X}$	S.D.	Std Error Mean	t-test	95 % Cl lower	95 % Cl upper	P-value
-ระยะเวลาเฉลี่ยรวมตั้งแต่รักษาแผลจนแผลหาย (วัน)				1.94	53.53	100.19	107.87	<.001
กลุ่มควบคุม	88	175.92	15.98					
กลุ่มทดลอง	88	71.89	8.77					

จากตารางแสดงให้เห็นว่ากลุ่มทดลองที่ใช้พลาสมาอากาศในการรักษาแผล แผลหายเร็วกว่ากลุ่มควบคุมที่ไม่ได้ใช้พลาสมาอากาศในการรักษา จากค่าเฉลี่ย 175.92 วันเหลือ 71.89 วัน แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ ค่า p-value < .001

อภิปรายผลการวิจัย

ผลการวิจัยครั้งนี้พบว่า ผู้ป่วยแผลเรื้อรังที่ได้รับการทำแผลแบบขั้นสูงร่วมกับการใช้พลาสมาอากาศเย็นมีการแคบของแผลภายในระยะเวลา 2 เดือนมากกว่ากลุ่มที่ได้รับการทำแผลแบบขั้นสูงเพียงอย่างเดียวอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p < .001) โดยกลุ่มทดลองมีขนาดแผลแคบลงเฉลี่ย 6.59 เซนติเมตร ขณะที่กลุ่มควบคุมแผลแคบลงเฉลี่ยเพียง 0.49 เซนติเมตร ผลดังกล่าวสามารถอธิบายได้ตามทฤษฎีการหายของแผล (Wound healing theory) ซึ่งอธิบายว่าการหายของแผลเป็นกระบวนการซ่อมแซมเนื้อเยื่อที่เกิดขึ้นเป็นลำดับขั้น ตั้งแต่ระยะการอักเสบ ระยะเพิ่มจำนวนเซลล์ จนถึงระยะปรับสภาพเนื้อเยื่อ[1] การใช้พลาสมาอากาศเย็นช่วยลดการอักเสบและกระตุ้นการทำงานของเซลล์ที่เกี่ยวข้องกับการสร้างเนื้อเยื่อใหม่ ส่งผลให้กระบวนการหายของแผลดำเนินไปอย่างมีประสิทธิภาพมากขึ้น ผลการศึกษายังพบว่า ทั้งกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุมไม่พบการติดเชื้อของแผล ซึ่งสอดคล้องกับ แนวคิดการควบคุมการติดเชื้อและการจัดการ Biofilm ที่ระบุว่าการลดปริมาณเชื้อจุลชีพและการรบกวนการสร้าง biofilm จะช่วยให้แผลเรื้อรังสามารถเข้าสู่กระบวนการหายได้ดีขึ้น โดยเฉพาะในกลุ่มที่ได้รับการใช้พลาสมาอากาศเย็น ซึ่งมีรายงานว่าสามารถลดเชื้อจุลชีพได้อย่างมีประสิทธิภาพโดยไม่ทำลายเนื้อเยื่อปกติ ส่งผลให้สภาพแวดล้อมของแผลเอื้อต่อการหายและไม่เพิ่มความเสี่ยงต่อการติดเชื้อ[23] ในด้านภาวะแทรกซ้อนจากการใช้พลาสมาอากาศเย็น พบเพียงอาการกลิ่นเหม็นคาวโอโซนในบางราย และไม่พบอาการปวดหรือการเกิดเนื้อเยื่อไหม้ ซึ่งสอดคล้องกับหลักการของ Plasma Medicine ที่อธิบายว่าพลาสมาอากาศเย็นเป็นพลังงานทางกายภาพที่มีอุณหภูมิต่ำ ไม่ก่อให้เกิดการสะสมความร้อนในเนื้อเยื่อ จึงไม่ทำให้เกิดอันตรายต่อเนื้อเยื่อรอบแผล และมีความ

ปลอดภัยในการนำมาใช้ทางคลินิก[23,24] ผลการวิจัยครั้งนี้จึงสนับสนุนว่าการใช้พลาสมาอากาศเย็นเป็นวิธีการรักษาที่มีความปลอดภัยและเหมาะสมสำหรับผู้ป่วยแผลเรื้อรัง เมื่อพิจารณาระยะเวลาเฉลี่ยรวมตั้งแต่เริ่มรักษาจนแผลหาย พบว่ากลุ่มทดลองใช้ระยะเวลาน้อยกว่ากลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยกลุ่มทดลองใช้เวลาเฉลี่ยเพียง 71.89 วัน ขณะที่กลุ่มควบคุมใช้เวลาเฉลี่ย 175.92 วัน ผลการศึกษานี้สามารถอธิบายได้ตาม แนวคิดการเตรียมพื้นแผล (DIME Framework) ซึ่งเน้นการจัดการเนื้อเยื่อ การควบคุมการอักเสบและการติดเชื้อ รวมถึงการส่งเสริมการเคลื่อนตัวของขอบแผล[3] การใช้พลาสมาอากาศเย็นช่วยสนับสนุนการเตรียมพื้นแผลให้เหมาะสมต่อการซ่อมแซมเนื้อเยื่อ ส่งผลให้แผลเข้าสู่ระยะการหายได้เร็วขึ้น และลดระยะเวลาในการรักษาโดยรวม

จากผลการวิจัยทั้งหมดสะท้อนให้เห็นว่าการใช้พลาสมาอากาศเย็นร่วมกับการทำแผลแบบขั้นสูงมีประสิทธิภาพในการส่งเสริมการหายของแผลเรื้อรัง ลดระยะเวลาการรักษา และไม่เพิ่มความเสี่ยงต่อการติดเชื้อหรือภาวะแทรกซ้อนที่รุนแรง ซึ่งสอดคล้องกับกรอบแนวคิดและทฤษฎีที่ใช้ในการศึกษาครั้งนี้[20-24] และสนับสนุนบทบาทของการพยาบาลในการนำเทคโนโลยีที่มีประสิทธิภาพและปลอดภัยมาใช้ในการดูแลผู้ป่วยแผลเรื้อรังอย่างเป็นระบบ

ข้อเสนอแนะ

1. ข้อเสนอแนะในการนำผลการวิจัยไปใช้

จากการศึกษาครั้งนี้การเพิ่มสารอนุมูลอิสระที่ส่งเสริมการหายของแผลในระดับเซลล์ ส่งผลให้สามารถจัดการกับปัจจัยที่ขัดขวางการหายของแผลได้อย่างมีประสิทธิภาพ เป็นการเปิดมุมมองในการใช้เทคโนโลยีใหม่ในการรักษาแผลเรื้อรัง ควรมีการขยายหน่วยงานที่ใช้เครื่องมือเช่น หอผู้ป่วยที่ดูแลแผลเรื้อรัง เพื่อนำเครื่องมือไปใช้ประโยชน์ในการดูแลรักษาผู้ป่วย

2. การนำผลวิจัยไปใช้ประโยชน์และการวิจัยครั้งต่อไป

การส่งเสริมการหายของแผลในระดับเซลล์สามารถทำได้ตั้งแต่เริ่มเป็นแผล ซึ่งสามารถกระตุ้นการสร้างเนื้อเยื่อทำให้แผลหายได้เร็วขึ้น โดยหลักการสามารถใช้ได้ทั้งแผลเฉียบพลันหรือ แผลเรื้อรัง ดังนั้นในการศึกษาวิจัยครั้งต่อไปควรศึกษาตั้งแต่ระยะแรกที่เกิดบาดแผลในผู้ป่วยบาดเจ็บเฉียบพลันและมีแผลขนาดใหญ่ หรือผู้ป่วยแผลติดเชื้อ จะก่อให้เกิดประโยชน์สูงสุดแก่ผู้ป่วยที่มบาดแผลต่อไป

เอกสารอ้างอิง

1. Bowers S, Franco E. Evaluation and management [Internet]. 2020 [cited 2025 Feb 2]. Available from: https://www.aafp.org/pubs/afp/issues/2020/0201/p159.html
2. Weir D. Wound bed preparation [Internet]. 2024 [cited 2025 Jan 25]. Available from: https://app1.unmc.edu/cne/24CE00022/pdf/01.WoundBedPrep_Weir_2Slides.pdf
3. Bycoffe D. 4 steps to wound healing [Internet]. 2021 [cited 2025 Jul 22]. Available from: https://theoptiongroup.net/4-steps-to-wound-healing/
4. Murphy C, Atkin L, Swanson T, Tachi M, Tan YK, Vega de Ceniga M, et al. Defying hard-to-heal wounds with an early antibiofilm intervention strategy: wound hygiene. J Wound Care 2020;29(Suppl 3b):S1–S26. Available from: https://www.magonlinelibrary.com/doi/epub/10.12968/jowc.2020.29.Sup3b.S1
5. Seenil K, Saniloh K, Meechana J, Usaviroj S, Makmoon S, Doungpota W, et al. Advanced wound care [Internet]. Vajira Nursing Journal 2020;22(1):104–115 [cited 2025 Mar 1]. Available from: https://he02.tci-thaijo.org/index.php/vnj/article/view/211853
6. Bangkok Hospital Pattaya. Hyperbaric oxygen therapy [Internet]. 2024 [cited 2025 Sep 22]. Available from: https://bangkokpattayahospital.com/th/health-articles-th/hyperbaric-oxygen-therapy-th/what-is-hbot/
7. Strohal R, Dietrich M, Mittlbock M, Hämmerle G. Chronic wounds treated with cold atmospheric plasma jet versus best practice wound dressings: a multicenter, randomized, non-inferiority trial [Internet]. Sci Rep 2022 [cited 2025 Apr 1]. Available from: https://www.nature.com/articles/s41598-022-07333-x
8. Darmawati S. When plasma jet is effective for chronic wound bacteria inactivation, is it also effective for wound healing?. J Photochem Photobiol B 2021 [cited 2025 Apr 8]. Available from: https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/ S2212816618300453
9. Martirosyan D, Ghomi H, Ashoori M.R., Rezaeinezhad A, Mirmiranpour H. The effect of cold plasma on antioxidant enzymes, minerals, and some biochemical parameters in subjects with type 2 diabetes mellitus. Bioactive Compounds in Health and Disease 2021;4(2):14–23. doi:10.31989/bchd.v4i2.783. Available from: https://ffhdj.com/index.php/BioactiveCompounds/article/view/783
10. Shi X, Liu S, Jiang R, Chen J, Jin S, Mei D, et al. Development and characterization of touchable air plasma jet device for inactivation of oral bacteria. 2022 [cited 2025 Sep 22]. Available from: https://pdf.sciencedirectassets.com/

11. National Health and Medical Research Council (NHMRC). Clinical practice guidelines [Internet]. 2024 [cited 2025 Mar 13]. Available from: https://www.nhmrc.gov.au/guidelines
12. Wolters Kluwer Health. JBI EBP Database Guide [Internet]. 2025 [cited 2025 Sep 13]. Available from: https://ospguides.ovid.com/OSPguides/jbidb.htm
13. TechInnovation Singapore. Nightingale® Compact Air Plasma Jet for wound healing [Internet]. 2021 [cited 2025 Feb 3]. Available from: https://2021.techinnovation .com.sg/website/30022/-nightingale-compact-air-plasma-jet-for-wound-healing/
14. CINOGY GmbH. PlasmaDerm® – Cold atmospheric plasma device [Internet]. 2021 [cited 2025 Apr 2]. Available from: https://plasmaderm.de/company/?lang=en
15. Neoplas Med GmbH. kINPen® MED – The precise cold plasma jet [Internet]. 2021 [cited 2025 Jan 11]. Available from: https://neoplas-med.eu/en/product/
16. Plasma Surgical Inc. SteriPlas® – Cold plasma device for medical use [Internet]. 2021 [cited 2025 Apr 5]. Available from: https://www.plasmasurgical.com/steriplas/
17. Photobiocare Co., Ltd. BioPlasma – Cold atmospheric plasma device [Internet]. 2024 [cited 2025 Sep 22]. Available from: https://finance.offpre.rmutp.ac.th/2556/wp-content/uploads/2018/09/บัญชีนวัตกรรมไทย-ก.ย.60-มิ.ย.61.pdf
18. European Union. Factsheet I: AGREE II – Guideline Appraisal [Internet]. 2025 [cited 2025 Jul 21]. Available from: https://jardin-ern.eu/wp-content/uploads/2025/01/7.-Factsheet-on-AGREE-II-Methodology.pdf
19. Boeckmann L. Cold atmospheric pressure plasma in wound healing and cancer treatment [Internet]. Appl Sci. 2020 [cited 2025 Feb 22]. Available from: https://www.mdpi.com/2076-3417/10/19/6898
20. Wilkinson HN, Hardman MJ. Wound healing: Cellular mechanisms and pathological outcomes. Open Biol 2020;10(9):200223. doi:10.1098/rsob.200223.
21. Percival SL, Suleman L, Vuotto C, Donelli G. Healthcare-associated infections, medical devices and biofilms: Risk, tolerance and control. J Med Microbiol. 2021;70(1):001318. doi:10.1099/jmm.0.001318.
22. Atkin L, Bućko Z, Conde Montero E, Cutting K, Moffatt C, Probst A, et al. Implementing TIMERS: The race against hard-to-heal wounds. J Wound Care 2022;31(Suppl 3):S1–S50. doi:10.12968/jowc.2022.31.Sup3.S1.

23. Bekeschus S, von Woedtke T, Kramer A, Weltmann KD. Cold physical plasma treatment of chronic wounds: A systematic review. J Wound Care 2021;30(Suppl 6):S1–S15. doi:10.12968/jowc.2021.30.Sup6.S1.

24. Stratmann B, Costea TC, Nolte C, Hiller J, Schmidt J, Reindel J, et al. Effect of cold atmospheric plasma therapy on chronic wound healing: A prospective clinical study. Clin Plasma Med 2023;31:100202. doi:10.1016/j.cpme.2023.100202.