

Effect of Ozone Gas (O₃) Therapy versus Saturated Fusidic Acid Dressing on Bacterial Swab Count and Chronic Diabetic Foot Ulcer Area

Mustafa Al-Hussein^{*} 
Dr. Saer Tannous^{**}
Dr. Ghanem Ahmed^{***}
Dr. Samer Haj Qaddour^{****}

(Received 8 / 9 / 2026. Accepted 30 / 6 / 2026)

□ ABSTRACT □

Introduction: Nurses are the cornerstone of comprehensive care for diabetic foot ulcer patients, playing a pivotal role in ensuring the success of treatment protocols, whether using ozone gas or fusidic acid dressings. **Objective:** The current quasi-experimental study aimed to compare the effectiveness of treatment with ozone gas (O₃) versus saturated fusidic acid dressing on bacterial smear count and chronic diabetic ulcer grade. **Materials and Methods:** The study sample included diabetic patients with diabetic foot ulcers in two experimental groups (15 patients in each group). The first group underwent ozone therapy and the second group underwent treatment by applying saturated fusidic dressing. They were selected using the convenient sampling method, and using two instruments, the first of which was developed by the researcher and the second translated (the Wagner scale for assessing the area and degree of wounds). **Results:** It showed that diabetic ulcers in the group that underwent ozone treatment showed a faster and greater rate of area and degree reduction compared to the second group. **Recommendations:** The study recommended including ozone therapy protocols among complementary treatment options in diabetic foot ulcer management programs, especially in cases that show a slow response to traditional treatments.

Keywords: Ozone therapy (O₃), fusidic acid dressing, bacterial swab, diabetic foot ulcer



Copyright © 2026: Latakia University Journal (formerly Tishreen) - Syria, The authors retain the copyright under a CC BY-NC-SA 04

^{*} PhD Student – Department of Adult Nursing – Faculty of Nursing – Latakia University (formerly Tishreen) – Latakia, Syria.

^{**} Associate Professor – Department of Adult Nursing – Faculty of Nursing – Latakia University (formerly Tishreen) – Latakia, Syria. saer.tannous@latakia-univ.edu.sy

^{**} Professor – Department of General Surgery – Faculty of Medicine – Latakia University (formerly Tishreen) – Latakia, Syria. ghanem.ahamad@latakia-univ.edu.sy

^{****} Assistant Professor in the Department of Surgery, Faculty of Medicine, University of Aleppo, Syria. samer.hajkadoor@alepuniv.edu.sy

تأثير المعالجة بغاز الأوزون O3 مقابل ضماد حمض الفوسيديك المشبع على تعداد المسحة الجرثومية ومساحة القرحة السكرية المزمنة

مصطفى الحسين *

د. سائر طنوس **

د. غانم أحمد ***

د. سامر حج قدور ****

(تاريخ الإيداع 8 / 6 / 2026. قبل للنشر في 30 / 6 / 2026)

□ ملخص □

مقدمة: يُعد الممرضون حجر الزاوية في الرعاية الشاملة لمرضى قرح القدم السكرية، حيث يلعبون دوراً محورياً في ضمان نجاح البروتوكولات العلاجية سواءً باستخدام غاز الأوزون أو ضمادات حمض الفوسيديك. **الهدف:** هدفت الدراسة شبه التجريبية الحالية إلى مقارنة فعالية المعالجة بغاز الأوزون O3 مقابل ضماد حمض الفوسيديك المشبع على تعداد المسحة الجرثومية ودرجة القرحة السكرية المزمنة، **مواد وطرق البحث:** تضمنت عينة الدراسة مرضى السكري المصابين بقرح القدم السكرية ضمن مجموعتين تجريبيتين (15 مريض في كل مجموعة) خضعت الأولى للعلاج بالأوزون والثانية للعلاج بتطبيق ضماد الفوسيديك المشبع، الذين تم اختيارهم بطريقة العينة الملائمة، وباستخدام أداتين تم تطوير الأولى من قبل الباحث وترجمة الثانية (مقياس تقييم مساحة ودرجة الجروح مقياس فاغنر). **النتائج:** أظهرت الدراسة أن قرح السكري في المجموعة التي خضعت للعلاج بالأوزون أظهرت معدلاً أسرع وأكبر في انخفاض المساحة والدرجة مقارنة بالمجموعة التي خضعت للعلاج بضماد الفوسيديك. **التوصيات:** أوصت الدراسة بإدراج بروتوكول العلاج بالأوزون ضمن الخيارات العلاجية التكميلية في برامج تدبير قرح القدم السكري، خاصة في الحالات التي تظهر استجابة بطيئة للعلاجات التقليدية.

الكلمات المفتاحية: العلاج بغاز الأوزون O3، ضماد حمض الفوسيديك، المسحة الجرثومية، قرحة القدم السكرية.



حقوق النشر : مجلة جامعة اللاذقية (تشرين سابقاً) - سورية، يحتفظ المؤلفون بحقوق النشر بموجب الترخيص

CC BY-NC-SA 04

* طالب دكتوراه - قسم تمريض البالغين - كلية التمريض - جامعة اللاذقية (تشرين سابقاً) - اللاذقية - سورية.

** أستاذ مساعد - قسم تمريض البالغين - كلية التمريض - جامعة اللاذقية (تشرين سابقاً) - اللاذقية - سورية. saer.tannous@latakia-uni.edu.sy

*** أستاذ - قسم الجراحة العامة - كلية الطب البشري - جامعة اللاذقية (تشرين سابقاً) - اللاذقية - سورية. ghanem.ahamad@latakia-univ.edu.sy

**** مدرس - قسم الجراحة - كلية الطب - جامعة حلب - سورية. samer.hajkadoor@alepuniv.edu.sy

المقدمة:

على الرغم من التقدم الطبي، لا تزال قرحة القدم السكرية المزمنة تمثل مشكلة صامتة تهدد ملايين المرضى حول العالم. ففي غضون خمس سنوات فقط من بتر أحد الأطراف بسبب هذه القرحة، يفقد ما يقرب من نصف المصابين حياتهم، بينما يسبق ذلك معاناة يومية مع جروح لا تلتئم. والأكثر إثارة للقلق، أن واحداً من كل خمسة إلى ستة مرضى يصابون بقرحة القدم ينتهي بهم المطاف إلى البتر، في وقت يُتوقع أن يتجاوز عدد المصابين بالسكري عالمياً 783 مليون نسمة بحلول عام 2045، مما يحول هذه المشكلة إلى وباء ضمن وباء [1].

لا تنشأ قرحة القدم السكرية عن سبب واحد، بل عن مجموعة مرضية متكاملة الأركان: يعطل الاعتلال العصبي الإحساس، ويخفق نقص التروية الدم، وينهار الجهاز المناعي، بينما تتعطل آليات التئام الجروح من أساسها. داخل هذا الجسم تتحول البيئة المزمنة إلى معملٍ لتوليد "الشوارد الأكسجينية التفاعلية" التي تُحدث إجهاداً تأكسدياً مدمراً. وهذه الحالة تشبه "إغراق" الأنسجة بسموم تمنع عوامل النمو من أداء وظيفتها، وتشل انقسام الخلايا الليفية والبطانة الوعائية، وتوقف بناء أوعية دموية جديدة. والنتيجة: تعلق الجروح في دوامة لا نهائية من الالتهاب، عاجزة عن تجاوز المرحلة الأولى من الشفاء نحو التئام حقيقي [2،3].

رغم استخدام فريق طبي متكامل يشمل ضبط السكر، واستئصال الأنسجة الميتة، ورفع الضغط عن موضع القرحة، ومكافحة العدوى بالمضادات الحيوية، والضمادات المتطورة التي توفر بيئة رطبة مناسبة للالتئام، إلا أن العلاجات التقليدية تفشل أمام جزء كبير من قرح القدم السكرية. فالإحصاءات تقول إن ما بين 30 إلى 50% من هذه الجروح المزمنة لا تلتئم حتى بعد مرور ثلاثة أشهر من الرعاية المثلى، وهذا الفشل العلاجي يفرض حاجة ماسة إلى التوجه نحو حلول مبتكرة تتجاوز الممارسات التقليدية [4،5].

يبدو أن الحل قد يأتي من اتجاهين مختلفين تماماً: أولاً، غاز الأوزون الذي يستخدم قوة الأكسدة المُحكمَة لئيبيد الجراثيم شديدة المقاومة، وفي نفس الوقت يُحفز الأوعية الدموية والخلايا على النمو، ويعيد توازن الالتهاب والأكسدة في الجرح. ثانياً، حمض الفوسفيك الذي يعمل كقنّاص بكتيري موضعي، متفوقاً في قتل المكورات العنقودية العنيدة عن طريق شلّ آلية تصنيع البروتين لديها. والنتيجة: الأول يُهيئ البيئة للشفاء، والثاني يُطهر الحقل من العدوى، مما ينعكس إيجاباً على ترتيب ألياف الكولاجين وإصلاح الأنسجة [6،7،8].

دون طاقم التمريض، تبقى حتى أفضل العلاجات مثل الأوزون وحمض الفوسفيك مجرد أدوات جامدة لا جدوى منها. فالمرضى هم من يمنحون هذه الأدوات روحاً وفعالية؛ بدءاً من فحص القرحة بدقة (قياس عمقها، حجمها، تحليل إفرازاتها، وكشف أولى علامات العدوى)، وصولاً إلى تطبيق البروتوكولات العلاجية بأعلى درجات التعقيم – سواء بضبط تركيز الأوزون وزمن تعرضه، أو بوضع ضمادات الفوسفيك بالشكل الأمثل. ولا تتوقف مهمتهم عند هذا الحد، بل يمتد دورهم ليشمل تعليم المريض وعائلته كيف يعتنون بأقدامهم، وضبط سكر الدم، والتعرف على مؤشرات الخطر التي تستدعي التدخل الفوري. كما أنهم يديرون الألم، يمنعون المضاعفات، ويوثقون كل خطوة في مسيرة التعافي. باختصار، هم حلقة الوصل بين التخصصات الطبية المختلفة، والمحرك الفعلي لتحسين جودة حياة المرضى والنتائج العلاجية [9،10].

في تجربة سريرية أُجريت في الصين ونشرها (Sun et al, 2024)، اختبر الباحثون فعالية وضع غاز الأوزون موضعياً على قرح القدم السكرية؛ وبعد متابعة استمرت أسبوعاً واحداً فقط من هذا التدخل قصير المدى، ظهرت نتائج

لافتة: المرضى الذين تلقوا الأوزون تمتعوا بنسبة شفاء أعلى واتسمت القرحة لديهم بمسحات جرثومية أقل عدداً، ونسبة انتكاس أقل، واحتاجوا إلى مضادات حيوية أقل، وقضوا فترة أقصر في المستشفى، مقارنة بنظرائهم الذين لم يتلقوا هذا العلاج [11]. وفي تجربة سريرية أخرى أجريت في المملكة العربية السعودية من قبل (Alzahrani et al, 2024)، اختبر الباحثون فعالية ضمادات مبللة بمضادات حيوية (وتحديداً حمض الفوسيديك) في علاج قرح القدم السكرية. وبعد تطبيق هذه الضمادات مباشرة على القرحة، أظهرت النتائج استجابة واضحة لدى غالبية الحالات. وبناءً على ذلك، أوصت الدراسة باعتماد "الفوسيديك" كخيار موضعي فعال وآمن لعلاج قرح القدم السكرية المزمنة [12].

2- أهمية البحث وأهدافه

أولاً: الأهمية النظرية

تتحدى قرح القدم السكرية المزمنة العلاجات التقليدية بمقاومتها الميكروبية واضطراب التئامها. تأتي هذه الدراسة لمقارنة آلية الأوزون المحفزة للأوعية والمنظمة للالتهاب، مقابل حمض الفوسيديك المضاد للبكتيريا، لتحديد أيهما أكثر فعالية في خفض الحمل الجرثومي وتحسين درجة القرحة.

ثانياً: الأهمية السريرية:

تتمثل الأهمية السريرية لهذه الدراسة في توجيه الممارس الصحي نحو اختيار الأنسب بين علاجين واعدين (الأوزون وحمض الفوسيديك) لمرضى قرح القدم السكرية المزمنة، بناءً على أدلة مقارنة دقيقة. فالنتائج المتوقعة قد تسهم في تقليل نسب البتر، وخفض مدة الإقامة بالمستشفى، وتقليل استخدام المضادات الحيوية الجهازية، وتحسين جودة حياة المرضى، مما يوفر عبئاً اقتصادياً كبيراً على أنظمة الرعاية الصحية.

هدف البحث:

مقارنة فعالية المعالجة بغاز الأوزون O3 مقابل ضماد حمض الفوسيديك المشبع على تعداد المسحة الجرثومية ودرجة القرحة السكرية المزمنة.

3- مواد وطرائق البحث:

أولاً: مواد البحث:

تصميم البحث: استخدم الباحث المنهج شبه التجريبي لإجراء الدراسة الحالية.

مكان البحث: أجري هذا البحث في مركز المعالجة بالأوزون في مدينة حلب التابع لجمعية خيرية وفي مشفى حلب الجامعي.

زمان البحث: تم جمع البيانات الخاصة بهذه الدراسة في الفترة الواقعة بين شهر أيلول 2025 وحتى شهر تشرين الأول 2026 م.

عينة البحث: أجريت الدراسة على عينة مكونة من 30 مريض/ة من مرضى السكري المصابين بقرح القدم السكرية (معندة على العلاج) في مركز المعالجة بالأوزون في مدينة حلب وفي مشفى حلب الجامعي، وقد تم اختيارهم بطريقة العينة الملائمة، وتم اختيارهم ممن تنطبق عليهم المواصفات التالية:

- العمر بين 18 - 65 سنة.
- قادرين على التواصل اللفظي.

- لديهم قدم سكرية درجة ثالثة ودرجة رابعة مشخصة منذ 6 أشهر .

وتم استبعاد المرضى المصابين بالأمراض التالية:

- مرضى السكري المصابين بعوز خميرة G6PD.

- مرضى اضطرابات التخثر .

- مرضى فرط نشاط الغدة الدرقية.

كما تم تقسيم العينة إلى مجموعتين تجريبيتين (15 مريض في كل مجموعة)، تم تطبيق المعالجة بالأوزون على أفراد المجموعة الأولى، بالمقابل تم تطبيق ضماد حمض الفوسفيك المشبع على أفراد المجموعة التجريبية الثانية.

أداة البحث:

تم جمع بيانات الدراسة الحالية باستخدام أداتين هما، **الأداة الأولى:** استمارة تقييم البيانات الديموغرافية والصحية: وتتألف من ثلاثة أجزاء: **الجزء الأول:** استمارة البيانات الديموغرافية: تم تطويرها من قبل الباحث بعد الاطلاع على الأدبيات ذات الصلة، تتضمن بيانات حول: العمر، الجنس، المؤهل العلمي، الحالة الاجتماعية... إلخ. **الجزء الثاني:** استمارة البيانات الصحية: تم تطويرها من قبل الباحث بعد الاطلاع على الأدبيات ذات الصلة، وتتضمن بيانات حول: تاريخ الإصابة بالداء السكري- نوع الداء السكري- تاريخ ظهور قرحة القدم- نوع المعالجة المستخدمة للقرحة- السوابق المرضية- السوابق الجراحية- العادات... إلخ. **الجزء الثالث جدول نتائج المسحة الجرثومية:** تم تطويرها من قبل الباحث وستحتوي على بيانات عن عدد الجراثيم في الساحة المجهرية قبل المعالجة وبعد المعالجة.

أما **الأداة الثانية** فهي مقياس تقييم درجة ومساحة القرحة: مقياس مطور من قبل فاغندر [13] ويقسم إلى: **الدرجة الأولى:** قرحة سطحية شاملة كامل الثخانة الجلدية بدون أن تشتمل الأنسجة التي تحتها. **الدرجة الثانية:** وجود قرحة عميقة ثاقبة تشمل الأربطة والعضلات بدون أن تشمل العظام أو تشكل خراج. **الدرجة الثالثة:** تتصف بقرحة عميقة مع التهاب النسيج الضام أو تشكل خراج، غالباً مع التهاب العظم والنقي. **الدرجة الرابعة:** ترتبط بوجود غنغرينة متوضعة في مكان القرحة. **الدرجة الخامسة:** ترتبط بامتداد الغنغرينة لتشمل كامل القدم.

التجهيزات:

1. ضماد حمض الفوسفيك أسيد المشبع.
2. جهاز توليد غاز الأوزون.
3. كيس سيليكون حافظ مغلق بإحكام.

ثانياً: طرائق البحث:

1. قام الباحث بالحصول على الموافقات الرسمية اللازمة للقيام بالدراسة من إدارة كلية التمريض ومركز المعالجة بالأوزون في مدينة حلب ومشفى جامعة حلب بعد شرح الهدف من الدراسة للمعنيين فيه.
2. تم تطوير أداة الدراسة الأولى بعد استعراض ومراجعة الأدبيات السابقة كما تم ترجمة أداة الدراسة الثانية.
3. تم إجراء دراسة استرشادية على 10% (3 مرضى) من حجم عينة الدراسة وتم اختيارهم من مجتمع الدراسة واستبعادهم من الدراسة، وذلك من أجل ضمان وضوح الأدوات وللكشف عن الصعوبات أثناء جمع البيانات.

4. تم عرض استمارة جمع البيانات على ثلاثة خبراء في مجال التمريض من كلية التمريض للتأكد من مصداقية الأداة، وأجريت التعديلات التي تم الإشارة إليها من قبلهم.
5. تم أخذ موافقة المرضى المشاركين بالدراسة، بعد شرح أهمية الموضوع وأهدافه والتأكيد على الخصوصية وسرية المعلومات وأنها بهدف البحث العلمي.
6. تم تقسيم المرضى المشاركين إلى مجموعتين تجريبيتين باستخدام القرعة البسيطة.
7. تم إجراء التقييم الأولي باستخدام الأداة الأولى والثانية للمجموعتين.
8. تم إجراء مسح جرثومية لجميع أفراد العينة قبل تطبيق إجراءات الدراسة باتتبع الطريقة التالية:
 - i. قام الباحث بغسل اليدين، ثم تحضير الأدوات، ثم تم شرح الإجراء للمرضى، وتأمين الخصوصية.
 - ii. تم نزع الضماد القديم بعد تبليل حوافه بالمحلول الملحي 0.9% وتقييم القرعة باستخدام أداة الدراسة الثانية.
 - iii. تم إجراء غسل سطحي للقرعة باستخدام السيروم الملحي 0.9% لإزالة الطبقة السطحية من النتحة فقط، ثم تم استخدام عبوة المسحة من خلال فتح الغطاء واستخدام قطعة القطن المثبتة على الغطاء.
 - iv. تم إجراء حركة دائرية لقطعة القطن على سطح القرعة لتبلييل القطن بسائل النتحة، ثم تم إعادة الغطاء إلى العبوة دون ملاسة حواف العبوة.
 - v. تم توثيق بيانات المريض على العبوة وإرسالها إلى المخبر، ثم تم تسجيل البيانات الخاصة بالمسحة الجرثومية وتفرغها بحسب الجزء الثالث من الأداة الأولى.
9. تم تطبيق المعالجة بغاز الأوزن للمجموعة التجريبية الأولى وفق الآتي:
 - قام الباحث بغسل اليدين، ثم تحضير الأدوات، ثم قام شرح الإجراء للمرضى، وتأمين الخصوصية، ثم تم نزع الضماد القديم بعد تبليل حوافه بالمحلول الملحي 0.9% وتقييم القرعة باستخدام أداة الدراسة الثانية، ومن ثم تم تعقيم القرعة باستخدام البوفيدون السائل 4%. بعد ذلك تم غسل القرعة بعد التطهير باستخدام السيروم الملحي 0.9%، ومن ثم تم تجفيف القرعة باستخدام قطع شاش معقمة، وبعدها تم تنضير القرعة من قبل الطبيب المعالجة في حال الحاجة، ومن ثم تم تطبيق الكيس الحافظ للقدم المخصص للمعالجة بالأوزون.
 - تم تطبيق الأوزون على القدم بإشراف الطبيب المعالج، وبعد انتهاء جلسة المعالجة بالأوزون تم فك الكيس الحافظ للقدم، ومن ثم تم غسل القرع بمحلول ملحي 0.9%، وتجفيفها بقطع شاش معقم، ومن ثم تم تطبيق قطع شاش جافة ولفات من الشاش لإغلاق الضماد، وأخيراً تم تثبيت الضماد باستخدام قطع من اللاصق (بلاستر). وقد تم إجراء 3 جلسات أسبوعياً لمدة نصف ساعة للجلسة الواحدة بفاصل يوم واحد بين الجلسة والجلسة التي تليها، ولمدة 8 أسابيع.
10. تم تطبيق ضماد حمض الفوسيديك أسيد المشبع للمجموعة التجريبية الثانية كما يلي:
 - قام الباحث بغسل اليدين، ثم تحضير الأدوات، ومن ثم تم شرح الإجراء للمرضى، وتأمين الخصوصية. ثم تم نزع الضماد القديم بعد تبليل حوافه بالمحلول الملحي 0.9% وتقييم القرعة باستخدام أداة الدراسة الثانية، ومن ثم تم تعقيم القرعة باستخدام البوفيدون السائل 4%. ومن ثم تم غسل القرعة بعد التطهير باستخدام السيروم الملحي 0.9%، ومن ثم تم تجفيف القرعة باستخدام قطع شاش معقمة.
 - تم تنضير القرعة من قبل طبيب المعالجة في حال الحاجة، ثم تم تطبيق ضماد حمض الفوسيديك أسيد المشبع لهذه المجموعة بمعدل ثلاث جلسات وثلاث ضمادات بضماد حمض الفوسيديك أسيد المشبع بفاصل يوم واحد بين كل جلسة وضماد والجلسة والضماد الذي يليه لمدة 8 أسابيع.

11. تم إجراء تقييم لمساحة القرحة في نهاية كل أسبوع ولمدة 8 أسابيع باستخدام الأداة الثانية.
12. تم إجراء مسحات للقرح لجميع أفراد العينة بعد انتهاء تطبيق الدراسة بمدة 48 ساعة.
13. تم تفرغ البيانات ثم تحليلها باستخدام برنامج الحزمة الإحصائية للعلوم الاجتماعية SPSS.

4- النتائج والمناقشة:

جدول (1) توزيع المرضى في المجموعتين حسب المتغيرات الديموغرافية

P/X ²	المجموعة التجريبية 2 N= 15		المجموعة التجريبية 1 N= 15		الخصائص الديموغرافية
	%	f	%	f	
0.189/ 0.255	20	3	13.3	2	العمر
	40	6	46.7	7	> 40
	40	6	40	6	60 - 40
					< 60
0.818/0.489	73.3	11	66.7	10	الجنس
	26.7	4	33.3	5	- إناث - ذكور
0.112/0.378	33.3	5	33.3	5	المستوى التعليمي
	53.4	8	46.7	7	- إعدادي وما دون
	13.3	2	20	3	- ثانوي
					- جامعي وما فوق
0.169/0.714	26.7	4	20	3	العمل الحالي
	26.7	4	26.7	4	- موظف
	46.6	7	53.3	8	- عمل تجاري
					- لا يعمل
0.771/0.819	40	12	73.3	11	الحالة الاجتماعية
	6.7	1	13.3	2	متزوج/ة
	13.3	2	6.7	1	- أرمل/ة
	0	0	6.7	1	- عازب/ة
					- مطلق/ة
0.847/0.589	60	9	73.4	11	مستوى الدخل
	20	3	13.3	2	ضعيف
	20	3	13.3	2	متوسط
					جيد

p: الدلالة الإحصائية X² اختبار كاي سكوير لمقارنة النسب المئوية

المجموعة التجريبية (1): المجموعة التي طُبِّقَ عليهم علاج بالأوزون.

المجموعة التجريبية (2): المجموعة التي طُبِّقَ عليهم علاج ضماد الفوسفيك.

بناءً على البيانات الواردة في الجدول (1) حول توزيع أفراد العينة حسب المتغيرات الديموغرافية، تُظهر النتائج أن النسب المئوية الأعلى في المجموعة التجريبية الأولى (المعالجة بالأوزون) تركزت في الفئات التالية: فئة العمر 40-60 سنة (46.7%)، والإناث (66.7%)، والمستوى التعليمي الثانوي (46.7%)، وعدم العمل (53.3%)، والحالة الاجتماعية (المتزوجون) (73.3%)، ومستوى الدخل الضعيف (73.4%). أما في المجموعة التجريبية الثانية (المعالجة بضماد الفوسفيك)، فسُجِّلَت الفئات ذات النسب الأعلى: فئتي العمر 40-60 سنة وأكثر من 60 سنة بالتساوي (40%)، والإناث (73.3%)، والمستوى التعليمي الثانوي (53.4%)، وعدم العمل (46.6%)، والحالة الاجتماعية (المتزوجون) (40%)، ومستوى الدخل الضعيف (60%). ويُلاحظ تجانس واضح بين المجموعتين في هيمنة فئة المتزوجين وذوي الدخل الضعيف وحاملي الشهادة الثانوية، مع غلبة الإناث في توزيع الجنس، مما يعكس تماثلاً ديموغرافياً يدعم صلاحية المقارنات الإحصائية اللاحقة بين البروتوكولين العلاجين المدروسين.

جدول (2) توزيع المرضى في المجموعتين حسب البيانات الحيوية

P/X ²	المجموعة التجريبية 2 N= 15		المجموعة التجريبية 1 N= 15		البيانات الحيوية
	%	f	%	f	
0.251/1.819	46.7	7	40	6	السوابق المرضية: #
	53.3	8	60	9	- أمراض هضمية

	100	15	100	15	- أمراض عصبية - قلبية وعائية
0.455/0.852	33.3 33.3 46.7 26.7	5 5 7 4	40 26.7 40 33.3	6 4 6 5	الأدوية: # - خافضات السكر الفموية - أنسولين - أدوية القلب والأوعية الدموية - مميعات
0.451/0.954	6.7 40 60	1 6 9	13.3 20 66.7	2 3 10	السوابق الجراحية# قلبية وعائية هضمية لا يوجد
0.667/1.981	66.7 33.3	10 5	60 40	9 6	التدخين نعم لا
0.674/0.221	6.7 93.3	1 14	13.3 86.7	2 13	تناول الكحول نعم لا
0.881/2.947	80 20	12 3	86.7 13.3	13 2	المنبهات نعم لا
0.524/0.971	6.7 26.7 66.6	1 4 10	6.7 20 73.3	1 3 11	تاريخ تشخيص السكري 5 > سنة 10-5 سنة 10 < سنوات
0.214/0.991	20 80	3 12	26.7 73.3	4 11	نوع السكري نمط أول نمط ثاني
0.741/1.251	33.3 20 13.3 33.3	5 3 2 5	40 13.3 13.3 26.7	6 2 2 4	الضمادات المستخدمة سابقاً# دوائية فقط دوائية مع مركبات عشبية دوائية مع عسل دوائية مع تنضير

: الدلالة الإحصائية # أكثر من جواب X^2 اختبار كاي سكوير لمقارنة النسب المئوية

المجموعة التجريبية (1): المجموعة التي طُبِّقَ عليهم علاج بالأوزون. المجموعة التجريبية (2): المجموعة التي طُبِّقَ عليهم علاج ضماد الفوسيديك.

يُظهر الجدول (2) توزع أفراد العينة في المجموعتين حسب البيانات الحيوية والسوابق الصحية، حيث تشير النتائج إلى تجانس إحصائي كامل بين المجموعتين في جميع المتغيرات المدروسة، إذ لم تُسَجَل أي فروق ذات دلالة إحصائية ($P > 0.05$) لجميع القيم)، مع قيم اختبار كاي مربع منخفضة تراوحت بين 0.214 و 0.881، مما يُعزِّز تكافؤ المجموعتين عند خط الأساس ويقلل من تأثير المتغيرات الدخيلة على النتائج العلاجية. وفيما يخص النسب المئوية الأعلى في كل مجموعة، فقد سجَّلت المجموعة الأولى (المعالجة بالأوزون) أعلى النسب في: السوابق المرضية القلبية الوعائية (100%)، وتناول خافضات السكر الفموية وأدوية القلب (40% لكلٍ منهما)، وعدم وجود سوابق جراحية (66.7%)، والتدخين (60%)، وتعاطي المنبهات (86.7%)، ومدة تشخيص السكري لأكثر من 10 سنوات (73.3%)، وكونه من النمط الثاني (73.3%)، واستخدام ضمادات دوائية فقط سابقاً (40%).

أما في المجموعة الثانية (المعالجة بضماد الفوسيديك)، فكانت أعلى النسب في: السوابق القلبية الوعائية (100%)، واستخدام أدوية القلب والأوعية الدموية (46.7%)، وعدم وجود سوابق جراحية (60%)، والتدخين (66.7%)، وتعاطي المنبهات (80%)، ومدة السكري < 10 سنوات (66.6%)، والنمط الثاني (80%)، واستخدام ضمادات دوائية فقط أو مع التنضير (33.3% لكلٍ منهما). ويُلاحظ بشكل عام هيمنة مرضى السكري من النمط الثاني ذوي المدة المرضية الطويلة (< 10 سنوات) والمصابين بأمراض قلبية وعائية مصاحبة، مع انتشار عادات التدخين وتعاطي المنبهات.

جدول (3) نتائج تعداد المسحة الجرثومية في مجموعتي الدراسة قبل وبعد تطبيق العلاج في نهاية الأسبوع الثامن

P	t	المجموعة التجريبية الثانية المعالجة بضماد الفوسيديك N=15		المجموعة التجريبية الأولى المعالجة بالأوزون N=15		تعداد ونوع الجراثيم
		SD	M	SD	M	
0.682	0.412	1.35×10^5	8.38×10^5	1.21×10^5	8.52×10^5	قبل المعالجة
		نوع الجراثيم (سلبية الغرام)		نوع الجراثيم (سلبية الغرام)		
0.000**	11.347	1.12×10^4	4.51×10^4	0.82×10^3	1.24×10^3	بعد 8 أسابيع
		نوع الجراثيم (سلبية الغرام)		نوع الجراثيم (سلبية الغرام)		
		**0.000/9.874		**0.000/18.521		P/t _p

t: يشير إلى الاختبار المعلمي (independent t test) للعينات المستقلة. t_p: يشير إلى الاختبار اللامعلمي (paired t test) للعينات المزدوجة.
P Value: قيمة P بين القلي والبدي. **: p value ≤ 0.01, *: p value ≤ 0.05

يظهر الجدول (3) أنه قبل العلاج، لم يكن هناك فرق ذو دلالة إحصائية في تعداد الجراثيم بين مجموعة الأوزون ($10^5 \times 1.21 \pm 8.52$) ومجموعة الفوسيديك ($10^5 \times 1.35 \pm 8.38$)، مما يؤكد تكافؤ المجموعتين ($P=0.682$). بعد 8 أسابيع، انخفض الحمل الجرثومي بشكل جذري في مجموعة الأوزون إلى ($10^3 \times 0.82 \pm 1.24$)، بينما كان الانخفاض أقل حدة في مجموعة الفوسيديك ($10^4 \times 1.12 \pm 4.51$)، مع فرق ذي دلالة إحصائية عالية جداً بين المجموعتين ($P=0.000$). ورغم أن كلا العلاجين حقق تحسناً ملحوظاً مقارنةً بما قبل العلاج، إلا أن الأوزون تفوق بوضوح في التأثير المطهر، مما يؤكد قدرته الفائقة على تعقيم بيئة القرحة وتعزيز الالتئام.

جدول (4) مساحة القرحة للمرضى في المجموعتين التجريبيتين

عند اليوم الأول وخلال المتابعة خلال فترة العلاج وبعد انتهاء تطبيق العلاج

P value	المجموعة التجريبية 2 N= 15	المجموعة التجريبية 1 N= 15	متوسط مساحة القرحة بحسب مقياس واغنر
	Mean ± SD	Mean ± SD	
0.951	12.4 ± 3.5	11.9 ± 3.9	في اليوم 1 (قبل العلاج)
0.036*	11.1 ± 3.1	10.8 ± 2.8	الأسبوع الثاني
0.011*	9.7 ± 2.9	8.8 ± 2.7	الأسبوع الثالث
0.003**	8.0 ± 2.5	6.2 ± 2.2	الأسبوع الرابع
0.001**	6.2 ± 2.2	4.1 ± 2.4	الأسبوع الخامس
0.001**	4.9 ± 1.9	3.2 ± 1.6	الأسبوع السادس
0.001**	3.6 ± 1.7	2.5 ± 1.4	الأسبوع السابع
0.001**	2.4 ± 1.4	1.3 ± 0.5	الأسبوع الثامن
0.000**	7.35 ± 2.3	6.10 ± 2.5	متوسط التغيير

* $0.05 \leq p$ ذات دلالة إحصائية هامة ** $0.01 \leq p$ ذات دلالة إحصائية هامة جداً

المجموعة التجريبية (1): المجموعة التي طُبِّقَ عليهم علاج بالأوزون.

المجموعة التجريبية (2): المجموعة التي طُبِّقَ عليهم علاج ضماد الفوسيديك

يظهر الجدول (4) أنه قبل العلاج، كان هناك تجانس إحصائي بين المجموعتين في متوسط مساحة القرحة وفق مقياس واغنر ($P=0.951$). بدأت الفروق ذات الدلالة الإحصائية بالظهور من الأسبوع الثاني ($P=0.036$)، وتصاعدت إلى مستوى عالٍ جداً ($P \leq 0.001$) من الأسبوع الخامس حتى نهاية الأسبوع الثامن. عند الأسبوع الثامن، سجلت مجموعة الأوزون أقل متوسط لمساحة القرحة (0.5 ± 1.3 سم²) مقارنةً بمجموعة الفوسيديك (1.4 ± 2.4 سم²)، مع تفوق إحصائي عالي الدلالة لصالح الأوزون في متوسط التغيير الكلي ($P=0.000$). وبناءً عليه يمكن الاستنتاج بأن الأوزون يحقق التئاماً أسرع وأكثر استقراراً، مما يجعله خياراً واعداً وفعالاً في تدبير قرح القدم السكرية.

المناقشة:

تُعد قرح القدم السكرية المزمنة من أكثر المضاعفات إيلاًماً في الممارسة السريرية، لما تسببه من عدوى مستعصية وبتر مؤلم للأطراف، وهذا يفرض حاجة ملحة إلى تطوير علاجات تتجاوز المألوف. فرغم أن ضمادات حمض الفوسيديك تُستخدم عادةً لمكافحة العدوى، إلا أن تنامي ظاهرة مقاومة المضادات الحيوية وبطء التئام الجروح يُضعفان فعاليتها. في هذا السياق، يبرز غاز الأوزون كمرشح واعد، إذ تمتلك خصائصه الأكسدة قدرة فائقة على تعقيم الجرح وتحفيز تجديد الأنسجة [14]. ومن هنا، تنطلق أهمية هذه الدراسة لمقارنة الأوزون بالفوسيديك وجهاً لوجه، بهدف الوصول إلى بروتوكول علاجي يُسهم في تسريع الشفاء، وقمع العدوى، وإنقاذ أطراف مرضى السكري من البتر.

أكدت النتائج الكلية للدراسة تكافؤاً تاماً بين مجموعتي العلاج (الأوزون والفوسيديك) عند نقطة البداية، إذ لم تظهر أي فروق ذات دلالة إحصائية في جميع الخصائص المدروسة (الديموغرافية، الحيوية، والسوابق الصحية) وفقاً لاختبارات كاي مربع. وقد غلب على العينة سمات محددة: متوسط العمر، الإناث، المتزوجون، محدودو الدخل، والحاصلون على تعليم ثانوي. صحياً، كانت الغالبية من مرضى السكري النمط الثاني منذ مدة طويلة، مع وجود أمراض قلبية وعائية، وتدخين، وتعاطي منبهات. هذا التجانس الشامل في خصائص المرضى وقرحهم يضمن أن أي اختلاف لاحق في النتائج يُعزى حصراً للعلاج وليس لاختلافات أولية، مما يعزز صلاحية المقارنات الإحصائية بين البروتوكولين. بعد ثمانية أسابيع من العلاج، تفوقت مجموعة الأوزون بشكل حاسم على مجموعة الفوسيديك في خفض الحمل الجرثومي، حيث حققت انخفاضاً جذرياً يعكس قدرة مطهرة فائقة، بينما كان الانخفاض في مجموعة الفوسيديك محدوداً وأقل حدة. هذا التباين كان ذا دلالة إحصائية عالية جداً لصالح الأوزون، ورغم أن كلا المجموعتين أظهرتا تحسناً داخلياً ملحوظاً، إلا أن حجم الانخفاض في مجموعة الأوزون كان أكبر وأكثر أهمية سريرياً. وبذلك يمكن القول أن الأوزون يمتلك خصائص مضادة للبكتيريا تفوق العلاج التقليدي، مما يهيئ بيئة مثالية لالتئام قرح القدم السكرية ويسرع الشفاء النسيجي.

انسجمت النتيجة الحالية مع نتيجة دراسة (Anzali et al, 2023) في تركيا لتقييم فعالية العلاج بالأوزون الموضعي مقابل العلاج بضمادات سلفات الفضة والصادات الحيوية الموضعية لتحسين معدل شفاء تقرحات القدم السكرية، حيث بينت نتائج تلك الدراسة أن تطبيق العلاج بالأوزون كان فعالاً في تقليل التعداد الجرثومي بعد انتهاء فترات العلاج مقارنة بالمجموعة الأخرى التي خضع أفرادها للعديد من العلاجات التي تضمنت الفوسيديك، كما بينت تلك الدراسة حصول تحسن ملحوظ في المجموعة التجريبية التي خضعت للعلاج بالأوزون ما بين بداية العلاج ونهايته [14].

كما انسجمت النتيجة الحالية مع نتيجة دراسة أجريت في الباكستان من قبل (Dastan et al, 2015) لتقييم كفاءة غاز الأوزون في علاج الجروح والتقرحات لدى مرضى السكري في الباكستان،، بينت نتائج تلك الدراسة أن العلاج بغاز الأوزون كان فعالاً جداً في تقليل مستوى الحمل الجرثومي لدى غالبية حالات التقرحات والجروح الناجمة عن الداء السكري مقارنة بالعلاجات الأخرى التي تضمن بعضها مراهم الصادات الحيوية كالفوسيديك [15].

بالمقابل لم تتسجم النتيجة الحالية مع نتيجة دراسة مرجعية في الصين أجريت من قبل (Liu et al, 2015) بهدف التحقق من مدى فعالية غاز الأوزون في علاج تقرحات القدم السكرية، حيث بينت معظم الدراسات التي شملها التقييم أن الأوزون كان فعالاً في تقليل التعداد الجرثومي لدى مرضى قروح القدم السكرية لكن بدرجة أقل من الطرق الأخرى [16].

عند مقارنة تطور متوسط مساحة القرحة لدى المرضى في مجموعتي الدراسة (المعالجة بالأوزون منفرداً) و(المعالجة بضماد الفوسيديك منفرداً) عبر فترة المتابعة، أظهرت النتائج تجانساً إحصائياً بين المجموعتين عند البدء، ثم ظهر

تفوق واضح ومستمر للمجموعة المعالجة بالأوزون مع تقدم فترة المتابعة، حيث سجلت أقل مساحة للقرح واستجابة علاجية أكثر اتساقاً مقارنة بالعلاج بضماد الفوسفيك المشبع. وقد أكد التحليل الكلي تفوق العلاج بالأوزون إحصائياً، مما يشير إلى أنه خيار علاجي أكثر فاعلية في تسريع التئام قرح القدم السكرية وتقلص مساحتها بشكل مستقر مقارنة باستخدام ضماد الفوسفيك. ويمكن الاستنتاج أن بروتوكول العلاج بالأوزون يمثل خياراً علاجياً واعداً وفعالاً في تدبير قرح القدم السكرية، حيث يُحقق انخفاضاً أسرع وأكثر استقراراً في مساحة القرحة ويعزز عمليات الالتئام النسيجي بشكل متفوق.

اتفقت النتيجة الحالية مع نتيجة دراسة أجريت في إيران من قبل (Faraji et al, 2021) بهدف تقييم فعالية الأوزون بأشكال متنوعة كأحد الطرق البديلة المستخدمة في علاج قرح القدم السكرية، بعد 10 أسابيع من العلاج تبين أن العلاج بالأوزون ساهم في تقليل مساحة القرحة السكرية بشكل أكثر فعالية مقارنة بالعلاجات الأخرى [17]. كما انسجمت النتيجة الحالية مع نتيجة دراسة (Pasek et al, 2022) التي هدفت لتقييم فعالية العلاج بالأوزون لتحسين حالات شفاء تقرحات القدم السكرية، وبعد الانتهاء من تطبيق الخطة العلاجية بالأوزون الموضوعي تبين أن العلاج بالأوزون كان ذا فعالية أكبر في تحسين حالات الشفاء التام من التقرحات الناجمة عن السكري، مقارنة بغيره من العلاجات [18].

بالمقابل فإن النتيجة الحالية لم تتسجم مع نتائج دراسة منهجية في إسبانيا قام بها (Picado et al, 2023) لتقييم فعالية الأوزون لعلاج تقرحات القدم السكرية، بينت نتائج تلك الدراسة أن 14 دراسة من الدراسات التي شملتها المراجعة/ توصلت لنتيجة مفادها أن العلاج بالأوزون موضعياً سواء كان منفرداً أو مدمجاً مع العلاجات الأخرى لم يكن فعالاً بما فيه الكفاية لعلاج حالات تقرح القدم السكرية وتقليل مساحتها مقارنة بالعلاجات الأخرى [19].

5- الاستنتاجات والتوصيات

• الاستنتاجات: أظهرت نتائج الدراسة الحالية:

سجلت المجموعة المعالجة بالأوزون تحسناً أفضل في مؤشرات الالتئام والمساحة وتقليل الحمل الجرثومي مقارنة بالمجموعة المعالجة بضماد الفوسفيك، حيث يعكس انخفاض المساحة في المقياس فعالية أكبر في تسريع الشفاء. كما أكد تحليل التغيير الكلي تفوق المجموعة المعالجة بالأوزون بدلالة إحصائية عالية، مما يستنتج معه أن بروتوكول العلاج بالأوزون يمثل خياراً علاجياً واعداً وفعالاً.

• التوصيات:

بناءً على نتائج هذه الدراسة، يمكن تقديم التوصيات التالية:

1. دمج الأوزون كخيار علاجي مساند في خطط إدارة قرح القدم السكرية، وخاصةً للحالات المقاومة أو بطيئة الاستجابة للعلاجات التقليدية.
2. تدريب الكوادر الطبية والتمريضية على تطبيق الأوزون بطرق آمنة وفاعلة، مع التأكيد على معايير السلامة وتحديد الجرعات والتركيزات المثلى.
3. تطبيق نظام متابعة منهجي لتقييم استجابة المريض، وتوثيق التقدم في التئام الجرح، ورصد أي آثار جانبية محتملة.

4. تعزيز مصداقية النتائج عبر إجراء تجارب سريرية عشوائية واسعة النطاق في مراكز مختلفة، لضمان تعميم النتائج على فئات سكانية متنوعة.
5. دراسة التأثيرات طويلة المدى للأوزون، من حيث نسب انتكاس القرحة، وتحسين جودة الحياة، وفعالية التكلفة مقارنة بالعلاجات التقليدية.
6. تحليل الاستجابة للعلاج بالأوزون ضمن فئات فرعية من المرضى (مثل النمط الأول والثاني من السكري، مرضى الفشل الكلوي، والمدخنين)، لتحديد الفئات الأكثر استفادة من هذا البروتوكول.

References:

- [1] M. Jean, K. Ekoe, The Epidemiology of Diabetes Mellitus. John Williams and Sons Ltd; 324-334. 2018
- [2] DJ. Margolis, L. Allen-Taylor. O. Hoffstad, Berlin, JA. Healing diabetic neuropathic foot ulcers: are we getting better? Diabet Med, pp. 22:172–6, 2019
- [3] V. Falanga, (2020). Wound healing and its impairment in the diabetic foot. Lancet, vol. 366, no. 7, pp. 1736–43. 2020.
- [4] S. Inzuchi, RS. A. Sherwin. Type 2 diabetes mellitus. Goldman L and Ausiello D, eds. Cecil medicine Company .23rd ed. Saunder; chap 248. 2022.
- [5] DG. Armstrong, P. Liswood, B. Stickel. Prevalence of mixed infections in the diabetic pedal wound. A retrospective review of 112 infections. Med Assoc, vol. 8, no.10, pp. 533-537. 2022.
- [6] A. Astasio, A. Babiano, M. López. Use of Ozone Therapy in Diabetic Foot Ulcers. Journal of Personalized Medicine, vol. 13, no. 5, pp. 1439. 2023.
- [7] A. Schwartz, R. Bardales, B. Talbott. Ozone therapy in the treatment of the neuroinfectious diabetic foot. Case report. Ozone Therapy Global Journal; vol. 9, no 1, pp. 135-143. 2019
- [8] KA. Yosef. A. Hussein, K. Alsaraf.. Introducing of Fusidic Acid Electrospun Nanofibers Based Biopolymer for Wound Dressing . J Pharm Negative Results, vol. 13, no. 4, pp. 210-220. 2022.
- [9] M. Davis, Nurses' Role in Diabetic Foot Prevent and care: a Healthcare Challenge. Texila International Journal of Nursing, vol. 3, no. 1, pp. 1-9. 2017.
- [10] D. Goodridge, E. Trepman, JM. Embil. Health-related quality of life in diabetic patients with foot ulcers: literature review. J Wound Ostomy Continence Nurs, vol. 32, no. 6, pp. 368–77. 2020.
- [11] H. Sun, H. Heng, X. Liu, H. Geng, J. Liang. Evaluation of the healing potential of short-term ozone therapy for the treatment of diabetic foot ulcers. Frontiers in Endocrinology, vol. 15, no. 8, pp. 1-9. 2024.
- [12] D. Alzahrani, K. Alsulami, FM. Alsulaihem, A. Bakr, R. Booq, A. Alfahad, AH. Aodah, SA. Alsudir, AA. Fathaddin. Dual Drug-Loaded Coaxial Nanofiber Dressings for the Treatment of Diabetic Foot Ulcer. International Journal of Nanomedicine, vol. 4, no. 7, pp. 5681-5691. 2024.
- [13] R. Medrano, V. Soriano. Development of a Wound healing index for chronic Wounds. EWMA journal, vol. 12, no. 2, pp. 43-48. 2012.
- [14] B. Anzali, R. Goli, A. Torabzadeh,, A. Kiani, M. Rasouli, SM. Balaneji. Healing refractory diabetic foot ulcers (DFUs) by ozone therapy and silver dressing. International Journal of Surgery, vol. 105, no. 12, pp. 1010. 2023.

- [15] S. Dastan, H. Masoodi, A. Salehi. Use of Ozone to Treat Wounds. Cumhuriyet University Faculty of Science, vol. 36, no. 6, pp. 1-12. 2015.
- [16] J. Liu, P. Zhang, J. Tian, L. Li, JH. Tian, K. Yang. Ozone therapy for treating foot ulcers in people with diabetes. Wiley J, vol. 5, no.6. Pp. 167-177. 2015.
- [17] N. Faraji, R. Goli, B. Choobianzali, S. Bahrami, A. Sadeghian, N. Sepehrnia, M. Ghalandari.. Ozone therapy as an alternative method for the treatment of diabetic foot ulcer. Journal of Medical Case reports, vol. 15, no. 234, pp. 1-8. 2021.
- [18] J. Pasek, A. Stanek, K. Szyluk, G. Cieřlar. Ozone Therapy In the Comprehensive Treatment of leg Ulcers: Case Report. Advances In Skin & Wound Care, vol. 23, no. 9, pp. 1-12. 2022.
- [19] A. Picado, A. Babiano, M. M. Sánchez, R. Lozanon, P. Moreno, B. Martín. . Use of Ozone Therapy in Diabetic Foot Ulcers. MDPI, vol. 2. No. 8, pp. 1-12.2023.