ورقة بحثية مجلة مفتوحة الوصول

العلاج بالأوزون

Ozone Therapy

د. نعمى حسن *، ليال عبد الحميد **

* (كلية الصيدلة، جامعة المنارة، البريد الإلكتروني:(nouma.hasan@manara.edu.sy)

** (كلية الصيدلة، جامعة المنارة، البريد الإلكتروني: (layalabdelhamidlayal@gmail.com)

الملخص

يُعد العلاج بالأوزون مجالًا متناميًا في الطب التكميلي، حيث يُستَخدم غاز الأوزون الطبي بطرق متعددة للاستفادة من خصائصه التأكسدية وتأثيراته البيولوجية المحتملة. يستعرض هذا البحث الأدبيات العلمية المتعلقة بالعلاج بالأوزون، بدءًا من فهم آلية عمله داخل الجسم، مرورًا بتطبيقاته في معالجة حالات مثل العدوى، والالتهابات، واضطرابات الدورة الدموية، ووصولًا إلى تقييم الفوائد والمخاطر المرتبطة به وفقًا للدراسات السريرية الحديثة. كما يتناول المشروع الوضع الحالي لاستخدام الأوزون في أنظمة الرعاية الصحية حول العالم، بهدف تقديم رؤية علمية شاملة ومبنية على تحليل منهجي للأدلة المتاحة، بما يسهم في فهم مدى جدواه كخيار علاجي تكميلي.

Abstract

Ozone therapy is a growing field in complementary medicine, where medical ozone gas is used in various ways to take advantage of its oxidative properties and potential biological effects. This research reviews the scientific literature on ozone therapy, starting with an understanding of how it works within the body, through its applications in treating conditions such as infections, inflammation, and circulatory disorders, to an assessment of its benefits and risks according to recent clinical studies. The project also addresses the current status of ozone use in healthcare systems around the world, with the aim of providing a comprehensive scientific overview based on a systematic analysis of the available evidence, thereby contributing to an understanding of its usefulness as a complementary treatment option.

Keywords: Ozone therapy; Medical ozone; Health care integration; Clinical applications

I. مقدمة

بدأ استخدام الأوزون في المجال الطبي منذ أكثر من قرن، حيث تم توثيق أول استخدام طبي له في ألمانيا عام 1870، عندما استُخدم لتعقيم الجروح وعلاج الالتهابات الجلدية. ومع تطور المعرفة العلمية، ازدادت استخداماته بشكل واسع خلال الحرب العالمية الأولى لتعقيم الحقول الجراحية، وتحسين التئام الجروح.

II. آليات تأثير الأوزون:

A. تحسين نقل الأكسجين يجري ذلك من خلال:

i. **تعزيز خصائص الدم لنقل الأكسجين** عبر تحسين مرونة كريات الدم الحمراء من خلال:

- **تعديل تركيب الدهون الفسفورية في الغشاء:** حيث يتفاعل الأوزون مع الأحماض الدهنية غير المشبعة في الغشاء، مما يؤدي إلى تكوين مركبات قصيرة السلسلة تُحسّن من مرونة الغشاء وتُقلل من لزوجة الدم.

ii. **تعزيز القدرة الحيوية للهيموغلوبين على إطلاق الأوكسجين**

يجري ذلك من خلال زيادة إنتاج 2,3-DPG

(2,3-Diphosphoglycerate) داخل كريات الدم الحمراء، ويرتبط بجزيء الهيموغلوبين ويُقلل من تقاربه للأوكسجين. كلما زاد تركيزه، زاد إفراز الهيموغلوبين للأوكسجين إلى الأنسجة.

- **زيادة فرق الضغط الجزئي للأوكسجين O_2 Gradient** pO_2 الذي يعرف بأنه هو مقدار ضغط الأوكسجين في وسط معيّن مثل الدم أو الخلية فرق الضغط الجزئي وفق المعادلة:

Gradient = pO_2 في الدم – pO_2 داخل الخلية

فكلما كان الفرق أكبر يدخل الأوكسجين إلى الخلية بسهولة أكثر. يساعد الأوزون في زيادة هذا الفرق عن طريق زيادة تركيز الأوكسجين الذائب في البلازما pO_2 الخارجي.

- **تحسين التوازن الحمضي–القاعدي والـ pH:** من خلال **تأثير بور Bohr Effect**: الذي يعرف بأنه ظاهرة فيزيولوجية مهمة تشرح كيف يقوم **الهيموغلوبين (Hb)** بتحرير الأوكسجين إلى الأنسجة بطريقة ذكية وفعالة، تفسر كيف يتأثر ارتباط الأوكسجين بالهيموغلوبين بـ **درجة الحموضة (Ph)** و**تركيز ثاني أكسيد الكربون (CO_2)** في الدم.

الشكل – 1: تأثير بور

- **انخفاض pH زيادة الحموضة أو زيادة CO_2** يقلل من ارتباط الهيموغلوبين بالأوكسجين فيُحرره للخلايا. وبالعكس، فإن **ارتفاع pH (قلوية) أو انخفاض CO_2** يزيد من ارتباط الهيموغلوبين بالأوكسجين ويقل تحرره. يلعب العلاج بالأوزون دورًا كبيرًا في تعزيز هذا التأثير، مما يحسن من توصيل الأوكسجين للخلايا ويتم ذلك من خلال:

- **تحسين الدورة الدموية الدقيقة:** إضافة لزيادة مرونة كريات الدم الحمراء وزيادة الشحنة السالبة لغشاء الخلية، يحفز الأوزون إنتاج أكسيد النيتريك (NO) والبروستاسايكلين (PGI2). حيث يتم اتساع القطر الداخلي للشعيرات وزيادة تدفق الدم بالتالي تغذية أفضل للخلايا.

- **تحسين خصائص الدم (الريولوجيا الدموية):** يؤثر الأوزون على تدفق الدم حيث يُحسن من مرونة كريات الدم الحمراء مما يساعدها على المرور بسلاسة عبر الشعيرات الدقيقة. كما يقلل من لزوجة الدم ويجعله أكثر سيولة، كما يمنع تكدّس الصفائح الدموية، ما يقلل من خطر التجلطات الدقيقة في الأنسجة المتأذية.

B. تنشيط الميتوكوندريا:

يجري ذلك من خلال عمليات التحفيز التالية:

i. تحفيز سلسلة نقل الإلكترون:

سلسلة نقل الإلكترون Electron Transport Chain (ETC) هي مجموعة من البروتينات والإنزيمات تقع على الغشاء الداخلي للميتوكوندريا، وتقوم بنقل الإلكترونات المستخرجة من الغذاء عبر NADH و$FADH_2$، ثم ضخ البروتونات (H^+) عبر الغشاء لتكوين تدرج كهربائي واستخدام هذا التدرج لتصنيع ATP عبر إنزيم ATP synthase. في النهاية، تُسلَّم الإلكترونات إلى الأوكسجين لإنتاج الماء.

ويحسّن العلاج بالأوزون كفاءة ETC بعدة طرق:

- زيادة الأوكسجين المتوفر للميتوكوندريا.
- تحفيز إنزيمات سلسلة نقل الإلكترون.
- تحسين فرق الجهد عبر غشاء الميتوكوندريا.
- رفع مضادات الأكسدة الذاتية.

iii. تحفيز التعبير الجيني لبروتينات الميتوكوندريا

يتم ذلك من خلال:

- **تنشيط PGC-1α:** حيث يعتبر (Peroxisome proliferator-activated receptor gamma coactivator -1α) المفتاح الجزيئي الذي يشغّل مصانع الطاقة داخل الخلية. كلما زاد نشاطه، زادت كفاءة الخلية في إنتاج الطاقة ومقاومة الضرر.
- **زيادة الإجهاد التأكسدي المعتدل:** يُحفّز الأوزون عوامل مثل NRF1 (nuclear respiratory factors)، وNRF2 وهي تُنشّط الجينات النووية الخاصة ببروتينات الميتوكوندريا. يُؤدي ذلك إلى زيادة إنتاج الإنزيمات. فإذا تجاوز هذا الإجهاد الحد المعتدل، فإنه يتحوّل إلى **ضغط تأكسدي مضر** يسبب تلفًا في الحمض النووي (DNA) والبروتينات وجدران الخلايا.

iv. تحفيز إزالة الميتوكوندريا المتضررة

يُحفز العلاج بالأوزون إزالة الميتوكوندريا المتضررة من خلال تنشيط عملية الميتوفاجي (Mitophagy)، وهي شكل متخصص من الالتهام الذاتي (Autophagy) يهدف إلى التخلص من الميتوكوندريا التالفة أو غير الفعالة للحفاظ على صحة الخلية.

C. تعديل جهاز المناعة

ويتم ذلك من خلال:

i. إحداث إجهاد تأكسدي معتدل

ينشّط الأوزون مستقبلات سطح الخلايا المناعية بشكل غير مباشر عبر إنتاج جزيئات وسيطة ناتجة عن الأكسدة، وليس من خلال ارتباط مباشر كما تفعل الأدوية التقليدية.

v. تفعيل مسار Nrf2 (Nuclear factor erythroid 2–related factor 2)

يؤدي الإجهاد التأكسدي إلى تفعيل عامل النسخ **Nrf2**، وهو عامل نسخ رئيسي يتحكم في تنشيط الدفاعات المضادة للأكسدة في الخلايا، يحميها من الإجهاد التأكسدي والسموم عن طريق تنظيم التعبير عن جينات مضادات الأكسدة وإنزيمات إزالة السموم.

ii. تنشيط مستقبلات TLRs / NLRs

مستقبلاتTLRs موجودة على سطح أو داخل الخلايا المناعية، تعمل كجزء من جهاز المناعة الفطري، عندما يكتشف TLR جزيئات غريبة مثل جزء من جدار الخلية البكتيرية أو RNA الفيروسي، يُحفّز سلسلة من الإشارات داخل الخلية تؤدي إلى تنشيط استجابة مناعية مثل إنتاج السيتوكينات والمواد المضادة للميكروبات.

مستقبلات NOD-like receptors: وتوجد داخل السيتوبلازما، وظيفتها الأساسية هي رصد التهديدات داخل الخلية، سواء من مكونات ميكروبية (PAMPs) أو من إشارات تلف الخلية (DAMPs)، ثم تنشيط استجابة مناعية مناسبة. تتواجد في سيتوبلازم الخلايا المناعية (مثل البلاعم والعدلات والخلايا المتغصنة). ولا تتطلب وجود عامل خارجي مثل TLRs التي توجد على سطح الخلية.

iii. تحفيز إنتاج السيتوكينات

عند إعطاء الأوزون بجرعات مدروسة، يُحفز في البداية إنتاج سيتوكينات التهابية معتدلة (لتنشيط الجهاز المناعي)، ثم يليها زيادة سيتوكينات مضادة للالتهاب كآلية توازن ذاتية تُعيد التوازن المناعي وتمنع الإفراط في الالتهاب.

يؤدي تفعيل المسارات السابقة ودخول عوامل النسخ إلى داخل الخلية إلى تحفيز التعبير الجيني لسيتوكينات التهابية مثل IL-1β وIL-6، حيث يرتبط IL-6 بمستقبل IL-6R ويُفعّل بروتين gp130، مما ينشط مسار **JAK/STAT3 pathway الذي** يحفّز التعبير الجيني لجينات مناعية والتهابية وهو أحد أهم المسارات الإشارية في الجسم، ويؤدي دورًا محوريًا في تنظيم الاستجابة المناعية والالتهابية.

iv. تنظيم المناعة الذاتية

ينظم الأوزون المناعة الذاتية من خلال تحفيز منظم ومعتدل للجهاز المناعي، ما يؤدي إلى تقليل الاستجابة المفرطة دون تثبيط المناعة كليًا، وهو ما يميز الأوزون عن الأدوية المثبطة للمناعة التقليدية. حيث تتم إعادة التوازن بين Th1/Th2 وTh17/Treg:

تحفيز التوازن بين Th1 وTh2 هو عملية مناعية مهمة للحفاظ على استجابة مناعية فعالة دون حدوث التهاب مفرط أو أمراض مناعية ذاتية.

يُحدث الأوزون بجرعات مدروسة إجهادًا تأكسديًا خفيفًا (moderate oxidative stress) يحفز زيادة IFN-γ وIL-2 أي تعزيز استجابة Th1 ويضبط فرط استجابة Th2.

ويعد توازن الخاص بـTh17/Treg وهما نوعان من الخلايا التائية ($CD4^+$) ذات أدوار متعاكسة في الجهاز المناعي، ويُعد أمرًا حاسمًا في الحفاظ على المناعة الطبيعية ومنع تطور الالتهابات المزمنة أو أمراض المناعة الذاتية.

بالمجمل، يعمل الأوزون كمُعدّل مناعي (Immunomodulator)، وليس مثبطًا، مما يجعله مفيدًا في حالات المناعة الذاتية.

D. تأثير مضاد للميكروبات: يتم هذا التأثير من خلال:

i. تدمير الجدار الخلوي والبلازمي:

يدمّر الأوزون الجدار الخلوي والغشاء البلازمي للكائنات الحية الدقيقة من خلال عملية الأكسدة القوية، مستهدفًا بشكل خاص الدهون غير المشبعة في الغشاء. تحتوي أغشية الخلايا الميكروبية على فسفوليبيدات تحتوي على أحماض دهنية غير مشبعة، يتفاعل الأوزون مباشرة مع هذه الروابط الثنائية، ويُحدث تفاعلات تُعرف بالتحلل التأكسدي للدهون، نتيجة لذلك تتشكّل بيروكسيدات الدهون، وهي مركّبات غير مستقرة تؤدي إلى تمزّق الغشاء وزيادة النفوذية وتسرّب محتويات الخلية.

ii. تثبيط نشاط الإنزيمات والبروتينات

يُثبط الأوزون نشاط الإنزيمات والبروتينات من خلال تأثيره المؤكسد القوي، الذي يؤدي إلى تعديل أو تدمير البنية الثلاثية لهذه الجزيئات الحيوية، يتم ذلك من خلال:

- استهداف المجموعات الكبريتيدية (-SH).
- أكسدة الحلقات العطرية في الأحماض الأمينية.
- تدمير البنية الثلاثية والرباعية للبروتين.

iii. تدمير المادة الوراثية (DNA/RNA)

- **أكسدة القواعد النيتروجينية:** يمكن للأوزون ونواتجه (مثل H_2O_2 وOH) أكسدة القواعد مثل الجوانين والثايمين. مما يؤدي لطفرات جينية، فشل في النسخ أو الترجمة وأخطاء في انقسام الخلايا.
- **كسير العمود الفقري للـDNA/RNA** : يُؤكسد الأوزون مجموعة الريبوز في العمود الفقري للحمض النووي والذي يؤدي إلى كسور في السلسلة المفردة أو المزدوجة وتحلل المادة الوراثية تدريجيًا.
- **تعطيل وظائف النسخ والتكرار**: تفقد الخلايا المصابة القدرة على إنتاج البروتينات والانقسام السليم والنجاة على المدى الطويل.

iv. لا يُحدث مقاومة دوائية

لا يُحدث الأوزون مقاومة دوائية لأنه لا يعمل بآلية انتقائية محددة كما تفعل المضادات الحيوية أو الأدوية التقليدية، بل يُؤثر على البكتيريا والفيروسات والفطريات عبر آليات فيزيائية وكيميائية عامة، يصعب على الكائنات الدقيقة التكيّف معها، حيث له:

- **آلية عمل غير نوعية:** يُدمّر الأوزون الميكروبات عبر **أكسدة البروتينات، الدهون، والحمض النووي** مباشرة، حيث أنه لا يستهدف إنزيمًا أو مستقبلًا واحدًا، لذا يصعب ظهور طفرات مقاومة.
- **تأثير سريع وقاتل:** يعمل الأوزون خلال ثوانٍ إلى دقائق، فلا يُمنح الميكروب وقتًا للتكيف أو الاستجابة.
- **هجوم متعدد الجوانب:** يُهاجم الغشاء الخلوي، الجدار الخلوي، الحمض النووي، والإنزيمات في وقت واحد.
- **فعّالية على الكائنات المقاومة:** مثل MRSA

E. تحفيز تجديد الأنسجة

يُحفّز الأوزون إنتاج عوامل النمو من خلال إحداث إجهاد تأكسدي خفيف ومضبوط، يُفعّل مسارات خلوية (**MAPKs– Nrf2 – NF-κB**) تُؤدي إلى إطلاق هذه العوامل من الخلايا المناعية، والخلايا البطانية، والفيبروبلاست.

يُنشّط الأوزون الخلايا الليفية (Fibroblasts) لإنتاج(**TGF-β_PDGF _FGF**) كما يُحفّز الخلايا البطانية لإنتاج VEGF.

i. Transforming Growth Factor Beta TGF-β:

يُفرز عامل النمو المحول عادةً في شكل غير نشط (latent)، ويتم تنشيطه بفعل الإجهاد التأكسدي المعتدل الناتج عن الأوزون، يعمل عبر مستقبلات نوعية (TGF-β Receptors) على سطح الخلايا. نذكر من وظائفه:

i. تعزيز تمايز الخلايا الجذعية

ii. **تحفيز تصنيع الكولاجين**

ii. PDGF (Platelet-Derived Growth Factor):

يلعب دورًا محوريًا في تنظيم تكاثر الخلايا، الهجرة، وتكوين الأوعية الدموية. يرتبط بمستقبلاته على سطح الخلايا(PDGFR-α وPDGFR-β) مما ينشّط عدة مسارات داخلية، منها: MAPK و**PI3K-Akt** و**PLCγ**.

تؤدي هذه المسارات إلى الانقسام الخلوي، البقاء، والهجرة.

من الوظائف الرئيسية لـPDGF :

تحفيز تكاثر الخلايا- .تشجيع هجرة الخلايا.

تعزيز تكوين الأوعية الدموية.

(Vascular Endothelial Growth Factor) VEGF

عامل نمو بطانة الأوعية الدموية(VEGF – Vascular Endothelial Growth Factor) هو بروتين إشاري مهم يحفّز نمو أوعية دموية جديدة من الشعيرات الدموية الموجودة) عملية تعرف بـ "تكوّن الأوعية" أو(angiogenesis ، ويُعد أساسيًا في التئام الجروح وتجديد الأنسجة.

يرتبط VEGF بمستقبلاته: VEGFR-1، VEGFR-2 على سطح الخلايا البطانية.

(Vascular Endothelial Growth Factor) VEGF

عامل نمو بطانة الأوعية الدموية(VEGF – Vascular Endothelial Growth Factor) هو بروتين إشاري مهم يحفّز نمو أوعية دموية جديدة من الشعيرات الدموية الموجودة) عملية تعرف بـ "تكوّن الأوعية" أو(angiogenesis ، ويُعد أساسيًا في التئام الجروح وتجديد الأنسجة.

يرتبط VEGF بمستقبلاته: VEGFR-1، VEGFR-2 على سطح الخلايا البطانية.

من الوظائف الرئيسة لـ VEGF:

1. تحفيز تكوين الأوعية الدموية.
2. زيادة نفاذية الأوعية الدموية.
3. تعزيز بقاء الخلايا البطانية

III. الأشكال الصيدلانية للأوزون

الأوزون ليس مركبًا يمكن تعبئته في أقراص أو حقن تقليدية، لأنه غاز نشط جدًا وغير مستقر. ومع ذلك، يتم استخدامه في الطب في أشكال محددة وتحت إشراف صارم.

A. خليط غاز الأوزون/الأكسجين

هو الشكل الصيدلاني الأساسي المستخدم في العلاج بالأوزون، ويُحضّر بتمرير غاز الأكسجين النقي عبر جهاز مولّد للأوزون الطبي، مما ينتج خليطًا يحتوي عادةً على:

- أوزون(O_3) (0.05% - 5%)
- أكسجين(O_2) (95% - 99.95%)

الفعالية قوية ومباشرة، لكن الأوزون غير مستقر ويتحلل بسرعة (نصف عمره 30-20 دقيقة)، لذا يُستخدم مباشرة بعد التحضير. من ميزات هذه الخليط أن تركيزه قابل للضبط، حيث يضبط تركيز الأوزون بدقة حسب الحالة، ويتراوح بين 10 و80 ميكروغرام/مل، حيث يُستخدم في إجراءات عميقة وداخلية.

B. الزيت المؤزون (Ozonated Oil)

زيت نباتي (غالبًا زيت الزيتون، أو عباد الشمس، أو جوز الهند) يتم تمرير غاز الأوزون خلاله لعدة ساعات أو أيام حتى يتفاعل الأوزون مع الأحماض الدهنية غير المشبعة داخل الزيت، مُنتجًا مركبات مستقرة مثل **الأوزونيدات** (ozonides) المسؤولة عن التأثيرات العلاجية الفريدة لهذا الزيت.

تعتبر فعاليته موضعية ومستمرة، أكثر **ثباتًا من الماء المؤزون**

C. الماء المؤزون (Ozonated Water)

هو ماء تمت معالجته بواسطة غاز الأوزون ويتم ذلك عن طريق جهاز خاص يسمى مولد الأوزون

IV. طرق استخدام الأوزون

A. العلاج الذاتي بالدم

هو أحد أهم وأشهر تطبيقات العلاج بالأوزون في الطب التكميلي، ويُستخدم لتحفيز المناعة، وتنشيط الدورة الدموية، وتحسين وظائف الجسم على المستوى الخلوي.

يعتمد على سحب كمية من دم المريض تتراوح غالبًا بين 50 إلى 200 مل، ثم تُخلط هذه الكمية مع غاز الأوزون النقي الطبي بتركيز محسوب (يُحدد حسب الحالة)، ثم يُعاد حقن الدم المؤوزن في جسم المريض.

<u>أنواع العلاج الذاتي بالأوزون:</u>

- **العلاج الذاتي الكبير Major Autohemotherapy- MAH**: حيث يُسحب 100–200 مل من الدم، يُخلط بالأوزون داخل عبوة مخصصة معقّمة، ثم يعاد حقنه في **الوريد** ببطء.
- **العلاج الذاتي الصغير Minor Autohemotherapy**: حيث يُسحب 5–10 مل من الدم، يخلط بالأوزون، ثم يعاد حقنه في **العضل**.

B. تقنية فقاعات الأوزون النانوية(Ozone Nanobubbles - ONBs)

هي نظام متقدّم في مجال توصيل العلاجات أو التطهير، يجمع بين الخصائص المضادة للبكتيريا والأكسدة للأوزون، والتحكم العالي والدقة في التوصيل الذي توفره الجسيمات النانوية.

لماذا الفقاعات النانوية بدلًا من الأوزون التقليدي؟

- الجسيمات النانوية ليست آمنة لمجرد أنها صغيرة، بل لأنها مصمّمة بعناية لتكون ذكية، دقيقة، وتعمل في المكان الصحيح بالجرعة المناسبة، ولذلك فهي أكثر أمانًا من الأوزون الحر، بشرط استخدامها تحت إشراف علمي دقيق.
- هذه التقنية واعدة جدًا، وأظهرت نتائج إيجابية في عدد من الدراسات المخبرية والحيوانية وبعض التجارب السريرية، لكنها لا تزال في مرحلة البحث والتطوير (R&D) في أغلب المجالات العلاجية، ولم تُعتمد بشكل رسمي على نطاق واسع في الأنظمة الطبية العالمية مثل FDA أو EMA .

C. الحقن الموضعي (مفصل/عضل/تحت الجلد)

وهو أحد أشكال العلاج بالأوزون يُستخدم فيه مزيج غاز الأوزون/الأوكسجين بتركيزات مدروسة يتم حقنه مباشرة في الأنسجة المصابة، مثل العضلات أو المفاصل أو تحت الجلد أو حول الأعصاب، يتم تحديد التواتر والجرعة حسب الحالة ونوع الإصابة.

F. الحقن الشرجي:

هو أحد أشكال العلاج بالأوزون غير الغازية، يتم فيها إدخال خليط غاز الأوزون/الأوكسجين بتركيز مدروس إلى المستقيم باستخدام قُنية خاصة. تُعتبر هذه الطريقة بديلًا آمنًا وفعالًا للحالات التي يصعب معها استخدام الأوزون عبر الوريد.

لا يُمتص الأوزون هنا مباشرة، بل يتفاعل مع الطبقة المخاطية في المستقيم مكوّنًا الأوزونيدات وبيروكسيدات تُمتص إلى الدم.

D. الإعطاء المهبلي Vaginal Insufflation

من الطرق الموضعية الآمنة والفعالة، خصوصًا في حالات العدوى النسائية أو كعلاج داعم في بعض الحالات المزمنة.

تتم عن طريق إدخال خليط من غاز الأوزون/الأوكسجين بتركيز مناسب إلى المهبل باستخدام قُنية خاصة ومعقمة

– يُمنع أثناء الحمل أو في حالات النزيف المهبلي النشط.

E. تعريض الجرح لغاز الأوزون

أسلوب غير جراحي يستخدم لتطبيق الأوزون موضعيًا على أحد الأطراف (كالقدم أو الذراع)، ويجري ذلك عن طريق:

1. عزل الطرف داخل كيس بلاستيكي مقاوم للأوزون
2. تفريغ الهواء من الكيس ثم ضخ خليط الأوزون/الأوكسجين بتركيز محدد داخل الكيس.
3. تعريض الجلد للأوزون لفترة محددة (15–30 دقيقة).

من التحذيرات الواجب الانتباه إليها:

- لا يطبّق على كامل الجسم في آنٍ واحد، بل موضعيًا.
- يجب التأكد من عدم تسرب الأوزون من الكيس.
- يُمنع الاستخدام على الجروح النازفة الحديثة أو الجروح المفتوحة العميقة جدًا دون إشراف طبي.

V. استخدامات الأوزون:

يُستخدم العلاج بالأوزون كعلاج أو تكميلي في مجموعة ممن الحالات، بفضل خصائصه المتنوعة.

A. أمراض الدورة الدموية

B. أمراض مزمنة ومناعية

تركز الطرق المستخدمة في علاج الأمراض المناعية بالأوزون الطبي على تنظيم الجهاز المناعي وليس تثبيطه أو تنشيطه بشكل عشوائي.

C. الأمراض الفيروسية

(الهربس–فيروس الورم الحليمي البشري–التهاب الكبد الفيروسي B وC) تختلف طرق العلاج حسب المرض.

D. الأمراض التنفسية

يساهم الأوزون بعلاج بعض الأمراض التنفسي مثل (الربو الشعبي–الانسداد الرئوي المزمن–الجيوب الأنفية)

E. السرطان

يستخدم كعلاج تكميلي لتحسين نوعية الحياة، وتقليل التعب، وتحفيز الميتوكوندريا والمناعة، دون أن يكون بديلًا للعلاج الكيميائي أو الإشعاعي.

F. الأمراض العصبية

التصلب المتعدد (MS)–مرض باركنسون–الاعتلال العصبي السكري–نقص التروية الدماغية بعد الجلطة–**G. التهابات وأمراض جلدية**

VI. أبرز التجارب السريرية

A. علاج الجروح عند حدوث زراعة الأسنان(2021)

تجربة سريرية شملت 60 مريضًا سقي موقع الزرع بماء أو ماء + غاز أوزون.

النتيجة :**انخفاض كبير في الألم والالتهاب**، وسرعة شفاء أفضل دون آثار جانبية.

B. مراجعة استخدام الأوزون في جراحات اللثة وزراعة الأسنان (مارس 2023)

من 7 تجارب سريرية شملت 225 مريضًا: أظهر الأوزون مناعة أفضل للنسيج وزيادة ثبات الزراعات.

C. جل أوزوني مستقر لوقف التهابات البيوفيلم (ديسمبر 2024)

يواجه بيوفيلم بكتيري (مركّب ميكروبي معقد) بفعالية.

يقلّل TNF-α، ويحفّز تجديد خلايا الجلد (الفايبروبلاست والكراتينوسايت).

D. تجارب ما قبل السريرية – جزيئات نانوية محملة بالأوزون مع الإشعاع لعلاج سرطان الثدي

1. نظام نانوي O_3_PFD@Liposome مع الإشعاع

تم تطوير جسيمات دهنية نانوية (liposomes) محمّلة بالأوزون بارتفاع قدرة الذوبان في الماء 18.4 مرة مقارنة بحل مائي.

عند إعطائها مع الأشعة السينية، تنتج مركبات الأكسجين التفاعلية (ROS) بكفاءة داخل الورم.

كما تعزز الموت الخلوي المناعي (immunogenic cell death)، وتهدف إلى زيادة فعالية العلاج بالإشعاع وتقوية المناعة المناعية(immune checkpoint blockade) ، دون ظهور سمية واضحة.

VII. الخاتمة

في الختام، يمثل الأوزون الطبي أداة متعددة الفوائد في الممارسات العلاجية، بفضل خواصه المضادة للميكروبات، والمحفزة للمناعة، والمساعدة في تجديد الأنسجة وتحسين الأكسجة الخلوية. وقد أثبت فعاليته في مجموعة واسعة من الحالات، من التهابات مزمنة وآلام مفصلية، إلى التقرحات والقدم السكرية، بل وحتى كعلاج مساعد في بعض أنواع السرطان والأمراض العصبية.

رغم فعاليته الآمنة والواعدة، إلا أنه العلاج بالأوزون لم يتم اعتماده بشكل شامل من قبل المنظمات الطبية العالمية الكبرى مثل FDAأو EMA كعلاج طبي قياسي، **في المقابل الجمعيات الأوروبية للطب بالأوزون مثل EBOO و AEPROMO** تدعم استخدامه فقط تحت إشراف طبي مختص وبروتوكولات دقيقة في بعض الحالات كعلاج الألم، تقوية المناعة، علاج الجروح المزمنة، وبعض الحالات الالتهابية والفيروسية (مثل الهربس).

VIII. المراجع

/mailto:https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC3276005

https://www.spandidos-publications.com/10.3892/br.2024.1803?text=fulltext

mailto:https://journals.lww.com/jorr/fulltext/2022/14010/ozone_therapy_in_dentistry__a_literature_review.14.aspx

/mailto:https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/29536625

/mailto:https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/36527235

/mailto:https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC10049472

/mailto:https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC9468657