Al-Farouk journal of sciences
Volume (2), Issue (5) (Nov, 2026)
ISSN: 3135-2359

مجلة الفاروق للعلوم
المجلد (2) العدد 5 نوفمبر 2026
عدد خاص بالمؤتمر العلمي الرابع للعلوم والتقنية
28–29 نوفمبر 2026 مصراتة – ليبيا
إدارة المعاهد العليا – وزارة التعليم التقني

تقييم محطة تحلية المياه المستخدمة في غسيل الكلى بمستشفى الجميل العام من ناحية المواصفات الكيميائية للمياه المحلاة

ابوعجيله احمد مسعود شتول[1]

المعهد العالي للعلوم والتقنيات الطبية بالجميل –ليبيا

"Evaluation of the Desalination Plant Used for Hemodialysis at Al-Jumail General Hospital in Terms of the Chemical Specifications of the Treated Water"

Abujaila Ahmed Masoud Shtoul (1)

Higher Institute of Medical Sciences and Technologies, Al-Jumail, Libya.

Email: abshtoul@gmail.com

تاريخ الاستلام: 2026/7/30 تاريخ المراجعة 20/ 8/ 2026 تاريخ القبول:2026/8/28- تاريخ النشر: 28/ 11/ 2026

. المستخلص:-

هدفت هذه الدراسة إلى تقييم كفاءة محطة معالجة مياه الغسيل الكلوي بمركز غسيل الكلى بمستشفى الجميل العام، وذلك من خلال تقييم جودة المياه كيميائياً ومقارنتها بالمعايير الدولية المعتمدة ISO 23500) و(AAMI، لما تمثله جودة المياه من عامل أساسي في سلامة مرضى الفشل الكلوي المزمن. اعتمدت الدراسة على المنهج الوصفي التحليلي، حيث جُمعت عينات المياه من ثلاث مراحل مختلفة هي: قبل المعالجة، وأثناء المعالجة، وبعد المعالجة (المنتج النهائي)، وتم إجراء التحاليل الكيميائية اللازمة لقياس الأس الهيدروجيني(pH) ، والتوصيلية الكهربائية، وتركيز الكلور الحر والكلور الكلي، ثم مقارنة النتائج بالمواصفات القياسية العالمية.

أظهرت النتائج أن نظام التناضح العكسي (Reverse Osmosis) يعمل بكفاءة جيدة، حيث انخفضت تراكيز الكلور إلى مستويات آمنة تقع ضمن الحدود المسموح بها، كما كانت قيم الأس الهيدروجيني ضمن النطاق المقبول، مما يدل على فعالية منظومة المعالجة في توفير مياه آمنة للاستخدام في جلسات الغسيل الكلوي. ورغم أن قيم التوصيلية الكهربائية كانت ضمن الحدود التشغيلية المقبولة، فإنها تستدعي استمرار المراقبة الدورية لضمان المحافظة على أعلى مستويات الجودة.

وخلصت الدراسة إلى أن محطة معالجة المياه بالمركز تحقق مستوى جيدًا من الكفاءة التشغيلية وتلتزم بدرجة كبيرة بالمعايير الدولية، مع التأكيد على أهمية الاستمرار في برامج الصيانة الوقائية، وإجراء التحاليل الكيميائية بصورة دورية، والعمل مستقبلاً على تطوير النظام للوصول إلى إنتاج المياه فائقة النقاء(Ultrapure Water) ، بما يسهم في تعزيز سلامة المرضى وتقليل المضاعفات المرتبطة بجودة مياه الغسيل الكلوي .

الكلمات الافتتاحية:-

- الغسيل الكلوي – التناضح العكسي (RO) – جودة مياه الغسيل الكلوي –مراقبة جودة المياه–محطة التحلية–المعايير

. المقـدمـة:

تُعد الكلى من أكثر أعضاء الجسم حيوية وتعقيداً، حيث تعمل كمحطة تنقية ذكية تقوم بفلترة الدم من الفضلات الاستقلابية والسموم النيتروجينية، مع الحفاظ على توازن السوائل والإلكتروليتات والأس الهيدروجيني في الجسم. وعندما تتعطل هذه الوظائف الحيوية نتيجة الفشل الكلوي المزمن، يصبح الغسيل الكلوي أو الديال الدموي (Hemodialysis) هو الخيار العلاجي الوحيد المتاح لاستمرارية الحياة.

وفي قلب هذه العملية المعقدة، يبرز الماء كأهم عنصر حيوي؛ فهو يشكل المكون الرئيسي (أكثر من 95%) لسائل الديالايسيت (Dialysate) الذي يلامس دم المريض بشكل وثيق عبر غشاء رقيق ونصف نفاذ داخل جهاز الكلية الصناعية.

إن حجم التعرض المائي لمريض الفشل الكلوي يفوق بمراحل هائلة حجم تعرض الشخص الطبيعي؛ فبينما يستهلك الإنسان العادي حوالي لترين من الماء يومياً عبر الجهاز الهضمي، يتعرض مريض الغسيل لما يتراوح بين 120 إلى 150 لتراً من الماء في الجلسة الواحدة، أي ما يقارب 450 لتراً أسبوعياً.

هذا التعرض الضخم المباشر لتيار الدم، دون وجود حواجز دفاعية طبيعية كالموجودة في الجهاز الهضمي، يعني أن الملوثات التي قد تكون بتركيزات ضئيلة جداً وغير مؤثرة في مياه الشرب العادية، تصبح بمثابة سموم قاتلة عندما تنفذ مباشرة إلى جسم المريض .[1]

تاريخياً، ارتبطت جودة مياه الغسيل الكلوي بالعديد من المخاطر الصحية؛ فوجود الكلور أو الكلورامين في الماء يؤدي إلى انحلال كريات الدم الحمراء(Hemolysis) ، بينما تؤدي زيادة الألمنيوم إلى اعتلالات عصبية وخرف Dialysis) (Dementia، فضلاً عن أن الملوثات البيولوجية كالسموم البكتيرية (Endotoxins) قد تحفز تفاعلات حموية حادة تنهك جسد المريض وتؤدي لمضاعفات قلبية ووعائية.

من هنا، فرضت الهيئات الدولية مثل المنظمة الدولية للتوحيد القياسي (ISO) والجمعية الأمريكية لتطوير الأجهزة الطبية (AAMI)معايير صارمة جداً لضمان خلو المياه من أي ملوثات كيميائية أو جرثومية [2] إن أنظمة معالجة المياه الحديثة، وعلى رأسها تقنية التناضح العكسي(Reverse Osmosis) ، قد أحدثت طفرة في تحسين جودة المياه، ولكن وجود النظام وحده لا يضمن النقاوة المطلقة؛ بل إن كفاءة التشغيل، وجودة المياه المصدرية (مياه البلدية)، ومدى الالتزام ببروتوكولات الصيانة الدورية وتبديل المرشحات الكربونية والرملية ووحدات اليسر، هي المتغيرات الحقيقية التي تحدد مستوى الأمان تأتي هذه الدراسة لتقديم تقييم ميداني تحليلي، يربط بين الأرقام المختبرية المرصودة وبين المتطلبات العالمية، سعياً لترسيخ مفهوم الجودة الشاملة في وحدات الغسيل الكلوي، وضمان رحلة علاجية آمنة للمرضى تليق بكرامتهم الإنسانية واحتياجاتهم الطبية.

2.1مشكلة البحث (Research Problem)

تتمثل مشكلة البحث في دراسة مبدئية لتقييم كفاءة وحدة تحلية مياه الغسيل الكلوي من الناحية الكيميائية بقسم الكلى بمستشفى الجميل العام

3.1أهداف البحث:-

1- معرفة كفاءة وحدة التحلية من خلال التحاليل الكيميائية ومدى مطابقتها للمواصفات القياسية المحلية.

2- المساهمة في اقتراح الحلول العلمية المناسبة في حالة وجود جيود بالمواصفات

3- توعية العاملين بوحدة التحلية على اهمية المراقبة المستمرة لوحدة التحلية لارتباطها بصحة مرضى الفشل الكلوي

4.1أهمية البحث (Significance of Research)

1- المساهمة في خدمة المجتمع.

2- تزويد صانعي القرار ومديري المراكز الصحية بمعلومات دقيقة حول كفاءة محطاتهم، مما يساعد في وضع خطط صيانة وقائية فعالة، وتقليل تكاليف علاج المضاعفات الناتجة عن تلوث المياه.

5.1منهجية البحث (Methodology)

اعتمدت الدراسة على المنهج الوصفي التحليلي، والذي يقوم على رصد الظاهرة الميدانية كما هي، ثم تحليل العينات المسحوبة ومقارنة نتائجها بالمعايير القياسية العالمية. وتم جمع البيانات من خلال الفحص المخبري لثلاث عينات (قبل المعالجة، أثناء المعالجة، والمنتج النهائي) لضمان تتبع كفاءة كل مرحلة من مراحل النظام

6.1 حدود الدراسة-:

الحدود المكانية : مركز الغسيل الكلوي (مستشفي الجميل العام).

الحدود الزمانية : يناير 2026.-ابريل 2026

جدول (.1): الحدود القصوى للملوثات الكيميائية وفق معايير ISO 23500-3

رم	الملوث الكيميائي	الحد الاقصي(mg/L)
1	الكلور الحر(free chlorine)	0.10
2	الكلورامين(Chloramines)	0.10
3	الألمنيوم(Aluminum)	0.01

4	النحاس(Copper)	0.10
5	الكادميوم(Cadmium)	0.005
6	النترات(Nitrate)	2.00

جدول (2): النتائج الأساسية للتحليل الكيميائي لمياه الغسيل الكلوي بمحطة تحلية غسيل الكلى بالجميل

رقم العينة	نقطة سحب العينة	الأس الهيدروجيني(pH)	التوصيلة(us/cm)	الكلور الحر(mg/L)	الكلور الكلي (mg/L)
1	بعد المعالجة (المنتج النهائي)	8.14	176.80	0.07	0.06
2	اثناء المعالجة (مرحلة وسط)	8.78	155.30	0.02	0.02
3	قبل المعالجة (مياه المصدر)	8.19	154.90	0.17	0.06

مناقشة النتائج:-

من خلال دراسة البيانات المسجلة في الجدول أعلاه، يتضح ما يلي:

الأس الهيدروجيني (pH): حقق النظام نجاحاً ملحوظاً في خفض قلوية المياه من 8.91 (قبل المعالجة) إلى 8.14 في العينة النهائية. هذا الانخفاض يقرب المياه من نطاق التعادل المطلوب طبياً، مما يقلل من مخاطر الاختلالات الحمضية-القاعدية لدى المرضى.

التوصيلية الكهربائية: سجلت العينة النهائية قيمة 176.80 uS/cm وبالرغم من أنها تقع ضمن النطاق التشغيلي المقبول في العديد من المراكز، إلا أن ارتفاعها الطفيف مقارنة بمياه المصدر يستوجب مراقبة حالة أغشية التناضح العكسي (RO) للتأكد من عدم وجود تسريب أيوني طفيف.

الكلور: أظهرت النتائج كفاءة مرشحات الكربون النشط في خفض الكلور الحر من 0.17 mg/L إلى 0.07 mg/L في العينة النهائية. هذه القيمة (0.07) تقع بأمان تحت الحد الحرج الذي تفرضه معايير ISO (وهو 0.1 mg/L)، مما يضمن حماية تامة لكريات الدم الحمراء للمرضى من الانحلال الكيميائي.

تقييم كفاءة أداء نظام التناضح العكسي (RO)

يعمل نظام التناضح العكسي كحاجز فيزيائي وكيميائي نهائي. ومن خلال مقارنة عينات "قبل" و "بعد" المعالجة، يتضح أن النظام يقوم بوظيفته بشكل مستقر في إزالة الملوثات الكيميائية الأساسية. إن استمرارية هذا الأداء تعتمد بشكل رئيسي على ضغط الغشاء ونسبة الاسترجاع (Recovery Rate).

ويلاحظ من النتائج أن مرحلة المعالجة المبدئية (Pre-treatment) التي تشمل فلاتر الكربون قد قامت بالدور الأكبر في حماية أغشية الـ RO من التلف الناتج عن الكلور، وهو ما أدى في النهاية إلى خروج مياه ذات خصائص كيميائية متوازنة. ومع ذلك، فإن القيمة المسجلة للتوصيلية تستوجب إجراء عملية "غسيل كيميائي" دوري للأغشية لضمان استمرار قدرتها على رفض الأملاح (Salt Rejection)[3].

.المطابقة للمعايير الدولية (ISO/AAMI)

بمقارنة النتائج المختبرية للدراسة مع المعايير القياسية الواردة في (ISO 23500-3)،

ان الكلور: مطابق تماماً للمعايير الدولية (أقل من 0.1 mg/L).

الأس الهيدروجيني: ضمن النطاق الآمن الموصى به طبياً.

التوصيلية: بالرغم من أنها ضمن الحدود المحلية، إلا أنها تحتاج لمراقبة دقيقة لتكون أقرب للمثالية الدولية (التي تفضل قيماً أقل من 50–100 uS/cm في بعض البروتوكولات المتقدمة).

هذا الامتثال يعطي مؤشراً إيجابياً على أن مركز الغسيل الكلوي يتبع بروتوكولات تشغيلية صحيحة، ولكن الجودة في هذه الأنظمة هي حالة "ديناميكية" وليست ثابتة، مما يتطلب استمرارية الرقابة.

. التأثيرات الحيوية والسريرية لنتائج التحليل

إن الانعكاس المباشر لهذه النتائج على صحة المرضى يتجسد في تقليل "العبء الالتهابي". المياه التي تحتوي على مستويات منخفضة من الملوثات الكيميائية تساهم في:

استقرار ضغط الدم أثناء الجلسة.

تقليل الحاجة للأدوية المحفزة لإنتاج كريات الدم الحمراء (Erythropoietin) بسبب غياب الكلور الذي يحطم الدم.

منع حدوث "متلازمة المياه العسرة" التي تسبب القيء والغثيان للمرضى.

يظهر التحليل الفني أن نظام المعالجة الحالي يوفر "بيئة مائية آمنة"، مع وجود فرص للتحسين في جانب مراقبة الأملاح الذائبة لرفع مستوى النقاء من الدرجة القياسية إلى الدرجة الفائقة (Ultrapure Water).

الخلاصة والتوصيـات:–

تُعد هذه الدراسة محاولة علمية جادة لتقييم جودة مياه الغسيل الكلوي، نظراً لارتباطها الوثيق والمباشر بحياة المرضى وسلامتهم ومن خلال النتائج المخبرية التي تم الحصول عليها، تبلورت جملة من الاستنتاجات الجوهرية:

كفاءة المنظومة التقنية:

أثبتت التحاليل أن وحدة معالجة المياه (RO System) تعمل بمستوى عالٍ من الكفاءة، حيث تمكنت من خفض مستويات الملوثات من مياه المصدر إلى مستويات آمنة إن هذا الاستقرار في الأداء يعكس جودة الصيانة الدورية المتبعة في المركز وقدرة الفلاتر الكربونية وأغشية التناضح العكسي على التعامل مع تذبذبات جودة مياه البلدية.

تحقيق الأمان الكيميائي:

أظهرت النتائج أن مستويات الكلور الحر والكلي تقع ضمن النطاق الآمن .

وفق معايير الجمعية الأمريكية لتطوير الأجهزة الطبية (AAMI)[4]. هذا يعني حماية أكيدة للمرضى من مخاطر "انحلال الدم التأكسدي" الذي يعد من أخطر المضاعفات الكيميائية.

التوصيات :–

1– توريد مختبر لقسم غسيل الكلى لضمان المراقبة المستمرة لوحدة تحلية المياه.

2– ضرورة اجراء تحاليل دورية لمصدر المياه قبل دخولها لمحطة التحلية

3– التحول نحو المياه فائقة النقاء (Ultrapure Water):

العمل على تحديث المنظومة بإضافة فلاتر دقيقة (Ultra–filters) في النقاط النهائية للتوزيع.

4– على ادارة المعهد وادارة المستشفى توفير الامكانيات الازمة لأجراء مثل هذه الدراسات نظرا لأهميتها وارتباطها بصحة الناس

المراجـــــع :–

أولاً: المراجع باللغة العربية:

1. وزارة الصحة، الدليل الإجرائي لتشغيل وحدات معالجة مياه الغسيل الكلوي في المنشآت الصحية.
2. تقارير التحليل الكيميائي والميكروبيولوجي، مختبرات شركة دلتا للخدمات الفنية، (يناير 2026).
3. أدلة الجودة التشغيلية لأنظمة التناضح العكسي (RO) في المراكز المحلية.

ثانياً: المراجع باللغة الإنجليزية (International Standards):

1. ISO 23500-1:2019, Preparation and quality management of fluids for haemodialysis and related therapies – Part 1: General requirements.
2. ISO 23500-3:2019, Preparation and quality management of fluids for haemodialysis and related therapies – Part 3: Water for haemodialysis and related therapies.
3. AAMI RD52:2004, Dialysate for hemodialysis – Association for the Advancement of Medical Instrumentation.
4. AAMI TIR34:2014, Water for the reprocessing of medical devices.
5. Daugirdas, J. T., Blake, P. G., & Ing, T. S. (2014). Handbook of Dialysis. Lippincott Williams & Wilkins (5th Edition).