Wadi Alshatti University Journal of
Pure and Applied Sciences

مجلة جامعة وادي الشاطئ
للعلوم البحتة والتطبيقية

Volume 3, No. 2, July-December 2025 Online ISSN: 3006-0877 المجلد 3، الاصدار 2، يوليو- ديسمبر 2025

RESEARCH ARTICLE **CLINICAL BIOCHEMISTRY**

Using the Quality Control Chart to Evaluate the Quality of Some Biochemical Tests (Glucose and Creatinine) in Some Private Medical Laboratories in Brack Alshatti Area

Najah M. Fadel[1], Albashir M. Yhmed[1*],

[1]Department of Laboratory Medicine, Faculty of Medical Technology, Wadi Alshatti University, Brack, Libya

ARTICLE HISTORY
Received 10 May 2025
Revised110 June 2025
Accepted 25 July 2025
Online 15 August 2025

KEYWORDS
Medical laboratory;
Quality control;
Levey-Jennings chart;
Analytical phase;
Precision;
Analytical Errors.

ABSTRACT

Clinical chemistry laboratories play a critical role in healthcare, contributing to approximately 70% of medical decision-making through the provision of accurate and reliable test results. Given this significant impact, ensuring and continuously monitoring the analytical quality of these laboratories is essential. This study aimed to assess the analytical performance of selected biochemical parameters—namely, creatinine and glucose—in three private clinical laboratories located in the Brack Al-Shatti region, Libya. Quality assessment was conducted using Levey-Jennings control charts based on commercial quality control (QC) materials. Quality control charts were established for each laboratory, and performance was evaluated based on Westgard multirule criteria. The analysis revealed violations of the following rules: 12s (warning rule), as well as 13s and 22s (rejection rules), indicating potential analytical errors or imprecision in test procedures. Despite the long-standing integration of quality control principles in clinical laboratory practice, their application remains suboptimal in many local settings. The findings highlight the need for rigorous implementation of standardized internal quality control protocols, supported by continuous training and oversight, to ensure the reliability of diagnostic results and enhance patient safety.

إستخدام منحنى ضبط الجودة لتقييم جودة بعض التحاليل البيوكيميائية (الجلوكوز و الكرياتينين) في بعض المختبرات الطبية الخاصة بمنطقة براك الشاطئ

نجاح فضل[1]، البشير يحمد [1*]

الكلمات المفتاحية
مختبرات طبية
ضبط الجودة
منحنى ليفي جينينق
المرحلة التحليلية
الدقة
الأخطاء التحليلية

الملخص

تُعدّ مختبرات الكيمياء السريرية من الركائز الأساسية في التشخيص الطبي، إذ تسهم نتائج التحاليل المخبرية في ما يقارب 70% من القرارات السريرية. ونظراً لهذه الأهمية البالغة، تبرز الحاجة إلى التركيز على ضمان جودة الأداء التحليلي لهذه المختبرات ومراقبته بانتظام.هدفت هذه الدراسة إلى تقييم الجودة التحليلية لبعض المؤشرات البيوكيميائية، وهي الكرياتينين والجلوكوز، في ثلاث مختبرات خاصة بمنطقة براك الشاطئ (ليبيا)، وذلك باستخدام منحنيات ضبط الجودة النوعية من نوع Levey-Jennings، بالاعتماد على عينات ضبط جودة تجارية مُحضّرة مسبقاً.تم إنشاء منحنيات ضبط الجودة لكل مختبر، وتم تقييم الأداء وفقاً لقواعد Westgard المتعددة. أظهرت نتائج التقييم وجود انتهاكات لعدد من القواعد، شملت قاعدة S12(قاعدة تحذيرية)، بالإضافة إلى القاعدتين S13 وS22 (قواعد رفض)، مما يشير إلى وجود مشكلات محتملة في الدقة أو التكرارية ضمن الإجراءات التحليلية. خلصت الدراسة إلى أنه على الرغم من إدماج مفاهيم ضبط الجودة في ممارسات المختبرات الطبية منذ عقود، إلا أن التطبيق الفعلي لها لا يزال محدوداً أو غير كافٍ في العديد من المختبرات المحلية. تؤكد هذه الدراسة على ضرورة تبني إجراءات داخلية صارمة لضبط الجودة، تشمل استخدام منحنيات Levey-Jennings وقواعد Westgard، إلى جانب توفير التدريب المستمر والرقابة المنهجية، لضمان دقة النتائج المخبرية وسلامة القرارات الطبية المرتبطة بها.

المقدمة

تعد المختبرات الطبية جزءاً لا يتجزأ من خدمات الرعاية الصحية، حيث يتعين على الأطباء معظم الأوقات اتخاذ قراراتهم الحاسمة وفقاً للنتائج المخبرية لتشخيص ومراقبة الأمراض، بالتالي تأثر نتائج التحاليل المخبرية في أكثر من 70% من القرارات الطبية [1,2,3]، ولهذا أصبح دور المختبرات الطبية أساسياً في التشخيص الطبي، يمكن أن تؤدي الأخطاء في المختبر إلى إرسال تقارير غير دقيقة إلى الأطباء مما يؤثر على خدمات الرعاية الصحية بشكل كبير، وبهذا فإن ضمان مصداقية النتائج المخبرية أمر بغاية الأهمية [4,5]. مراقبة الجودة هي مقياس مدى نجاح نظام القياس في إصدار النتيجة بمرور الوقت و في ظل ظروف تشغيل مختلفة، تم تصميم مراقبة الجودة للمختبرات لاكتشاف أوجه القصور وتقليصها وتصحيحها قبل إصدار نتائج المرضى، و ذلك لتحسين جودة النتائج التي أبلغ عنها المختبر [6]. يتم مراقبة

*Corresponding author
https://doi.org/10.63318/waujpasv3i2_25

الجودة التحليلية داخل المختبر باستخدام عينات مراقبة ذات قوام مطابق لعينات المرضى و لديها نطاق تركيز محدد متاح بمستويين أو ثلاثة مستويات تغطي نقاط القرار الطبي، ويتم تطبيق منحنيات ضبط الجودة النوعية مثل Levey-jenning وتفسير نتائج المراقبة باستخدام قواعد Westgrad. وهذا يضمن مراقبة مستمرة للنظام التحليلي، ذلك للتحقق مما إذا كانت النتائج موثوقة بدرجة كافية ليتم إصدارها [9-7].

منحنيات ضبط الجودة النوعية Levey-jenning

منحنى ضبط الجودة النوعية هو طريقة رسومية لعرض نتائج المراقبة، وعادة ما يتم رسم نتائج المراقبة مقابل الوقت ورقم التشغيل المتسلسل [10]، يتم إجراء قياسات متكررة على مواد المراقبة لمدة 20 يوم بحيث يكون قياس واحد يومياً ومن ثم يتم احتساب المتوسط الحسابي والانحراف المعياري من القراءات المتحصل عليها ثم يتم إعداد مخطط المراقبة لكل اختبار وأيضاً لكل مستوى على حدا، هذا المخطط يكون عبارة عن رسم بياني يعرض تركيز مادة المراقبة على المحور "ص" و الوقت على المحور"س". يتم رسم خطوط أفقية تعبر عن المتوسط الحسابي وحدود المراقبة العليا والسفلى والتي تم حسابها من الانحراف المعياري، حدود المراقبة هذه تسمح باستخدام العديد من القواعد المراقبة لتقييم النتائج التحليلية [10].

قواعد المراقبة "قواعد Westgrad"

تستخدم المختبرات قواعد المراقبة في الجودة المحددة جيداً لضمان الكشف الجيد عن التحولات الحرجة في الأداء. تعتمد مراقبة الجودة التقليدية على استخدام مواد المراقبة المصنعة وقواعد المراقبة المشتقة إحصائياً لتحديد فشل الفحص الناجم عن التغيير في الكواشف أو إعدادات الجهاز أو المعايرة [11,12]. يجب أن يختار المختبر قواعد مراقبة جودة مناسبة لضمان الكشف الجيد عن الأخطاء في التحولات الحرجة في الأداء[11].

عام 1981 تم تطبيق قواعد المراقبة على مختبر مراقبة الجودة لأول مرة من قبل عالم الكيمياء السريرية James Westgard حيث نشر Westgard في جامعة ويسكونسن مقالاً عن مراقبة جودة المختبرات التي وضعت الأساس لتقييم جودة التشغيل التحليلي للمختبرات الطبية. واقترح فيها العديد من قواعد المراقبة المستخدمة مع مخطط L-J لتقييم أداء مراقبة الجودة [13].

قاعدة المراقبة تعني معيار القرار للحكم على إذا كان التشغيل التحليلي داخل أو خارج نطاق السيطرة هناك العديد من قواعد المراقبة في برنامج Westgard، تستخدم هذه القواعد بشكل فردي أو جماعي لتقييم جودة العمليات التحليلية بعض القواعد الأساسية:

- قاعدة 1_{3S}: تنتهك هذه القاعدة عندما نتيجة مراقبة واحدة تتجاوز حدود 3SD±منحنى ضبط الجودة النوعية Levey-Jenning و في هذه الحالة يتم رفض التشغيل (Run) [14].
- قاعدة 1_{2S}: تنتهك هذه القاعدة عندما تتجاوز نتيجة مراقبة واحدة حدود 2SD± و هذه القاعدة تعتبر قاعدة تحذيرية [15].
- قاعدة 2_{2S}: تنتهك القاعدة عندما يتجاوز قياسين مراقبة متتاليين نفس الجهة من المتوسط 2SD+ أو حد المراقبة 2SD- وهذه القاعدة تستخدم كقاعدة رفض [15].
- قاعدة R4s: تنتهك القاعدة عندما يتجاوز قياسين مراقبة متتاليين واحد الجهة من المتوسط 2SD+ والآخر حد المراقبة 2SD- وهذه القاعدة تستخدم كقاعدة رفض[15].

الهدف: هدفت هذه الدراسة لتقييم الجودة التحليلية باستخدام منحنيات Levey-jenning لبعض متغيرات البيوكيميائية في عدة مختبرات في منطقة براك الشاطئ/ليبيا.

المواد والطرق

أجريت هذه الدراسة في عدد 3 مختبرات في منطقة براك الشاطئ خلال الفترة من 2023/07/05 إلى 2023/08/04 لتقييم الجودة التحليلية لعدد من المتغيرات البيوكيميائية حيث تم التقييم باستخدام منحنيات ضبط الجودة Levey-Jenning ومتابعة الأداء باستخدام البعض من قواعد Westgard مثل القاعدة التحذيرية 1_{2S} وقواعد الرفض مثل 1_{3S}و 2_{2S}. تم توزيع مواد مراقبة جودة تجارية بالمستويين الطبيعي والمرضي على المختبرات الداخلة في الدراسة لقياس المتغيرات التالية: الكرياتينين والجلوكوز وتم ذلك يومياً و لمدة 20 يوم لإنشاء منحنيات ضبط الجودة و تم من بعدها تقييم الأداء من خلال توزيع عينات الضبط نفسها على المختبرات لمدة 5 أيام متتالية.

استخدمت مواد ضبط جودة تجارية multi parametric bovin control serum بالمستويين الطبيعي و المرضي المرتفع، تم تحضيرها طبقاً الخطوات الموصى بها بالورقة المرفقة من الشركة المصنعة حيث أن هذه المواد تأتي بشكل مجفد ويتم إعادة تحضيرها بخلط 5 مل من الماء المقطر النقي لكل قنينة.

وزعت هذه العينات يوميا على المختبرات، و التي تم الإشارة لها بهذه الدراسة بمختبر(أ، ب، ج) هكذا للحصول على 20 قراءة لكل مستوى (مرضي، طبيعي) هذه القراءات استخدمت في الحسابات لإنشاء منحنيات ضبط جودة حيث تم حساب كل من: المتوسط الحسابي والانحراف المعياري ومن ثم استخدمت لحساب حدود المراقبة في مخططات ضبط الجودة و هي: لحساب حد 1SD± بضرب 1 في الانحراف المعياري ثم جمع وطرح كل نتيجة من المتوسط الحسابي. ولحساب حد 2SD± بضرب 2 في الانحراف المعياري ثم جمع وطرح كل نتيجة من المتوسط الحسابي. ولحساب حد 3SD± بضرب3 في الانحراف المعياري ثم جمع وطرح كل نتيجة من المتوسط الحسابي. وتم إجراء منحنى لكل مستوى من الاختبارات في الدراسة ويتكون المنحنى من محور X حيث يعبر عن تركيز مادة الاختبار و المحور Y يعبر عن الوقت .أيضاً تم توضيح نوع الاختبار، المستوى ، وحدة القياس و بهذا يكون المنحنى جاهز لكل اختبار. تم تشغيل مواد مراقبة الجودة بإدخالها مع عينات المرضى في العمل اليومي الروتيني داخل المختبر، من تم إسقاط نتائجها بشكل يومي على منحنى الضبط و التأكد من جودة التشغيل مقبول أم لا باستخدام قواعد المراقبة Westgrad و تم تكرار هذه المرحلة من الدراسة لمدة 5 أيام متتالية للتقييم.

النتائج

أُجريت هذه الدراسة بهدف تقييم الجودة التحليلية لعدد من المتغيرات البيوكيميائية في ثلاث مختبرات خاصة واقعة في منطقة براك الشاطئ، وقد تم ترميز هذه المختبرات في الدراسة على النحو التالي: المختبر (أ)، المختبر (ب)، والمختبر (ج). الاختبارات التي تضمنتها الدراسة هي الجلوكوز، الكرياتينين.

تم حساب حدود المراقبة لكل مختبر على حدة باستخدام المتوسط الحسابي للنتائج المتحصل عليها من القياس المتكرر خلال 20 يوم متتالي داخل المختبر،

تم إنشاء منحنيات ضبط الجودة Levey-Jenning وتم التقييم باستخدام قواعد Westgrad لمدة 5 أيام متتالية.

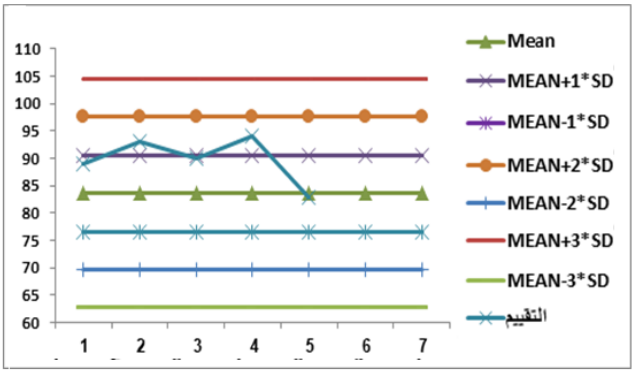
الجلوكوز

من خلال منحنيات Levey-Jenning التي تم إنشائها في هذه الدراسة نلاحظ في اليوم الثالث للمختبر (ب) تعدي نتيجة المستوى الطبيعي (الشكل 3)حدود 3SD+ وبهذا تم انتهاك القاعدة 1_{3S} و هي قاعدة رفض تدل على حدوث خطأ عشوائي و الذي تتعدد أسبابه إلى أسباب تتعلق بالعينة و أخرى تتعلق بالفني على الرغم من أنه كانت نتيجة المستوى المرضي لهذا اليوم مقبولة في المختبر.

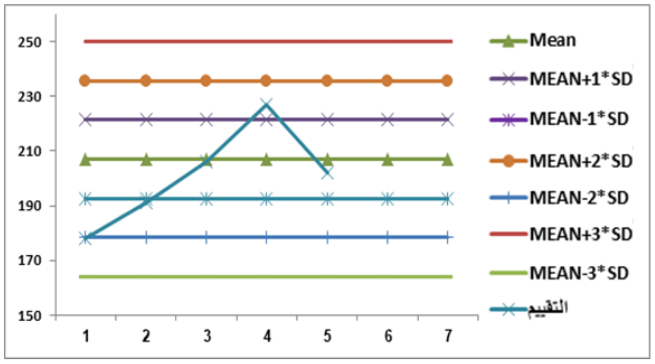
أيضاً اليوم الخامس لنفس المختبر تعدت نتيجة المستوى المرضي (الشكل 4) حدود 2SD+ وبهذا تم انتهاك القاعدة 1_{2S} وهي قاعدة تحذيرية من قواعد Westgrad.

اليوم الأول للمختبر (ج) حيث تجاوزت نتيجة المستوى الطبيعي (الشكل 5) حدود 2SD+ وبهذا تم انتهاك القاعدة 1_{2S} وهي قاعدة تحذيرية من قواعد westgrad.

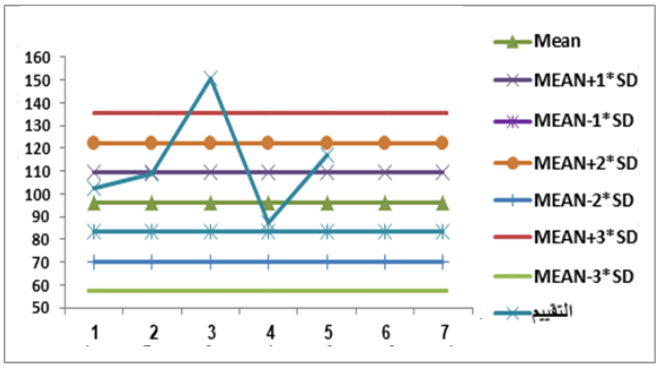
أما باقي المختبرات فهي ضمن الحدود المقبولة (الأشكال 1 ، 2 و6) .



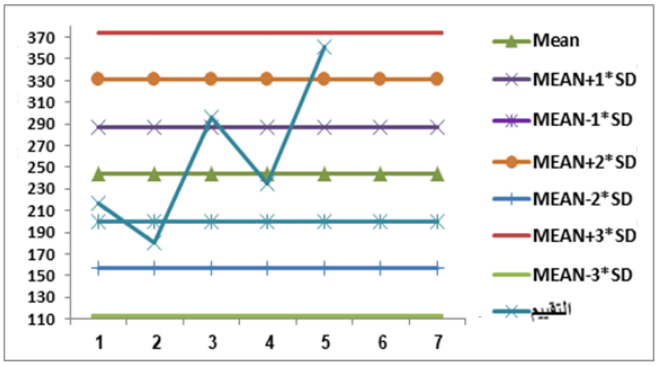
الشكل 1: مخطط Levey-Jenning للمستوى الطبيعي للجلوكوز في المختبر(أ)



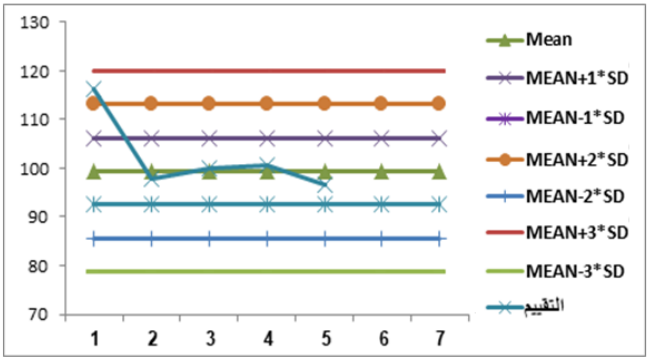
الشكل 2: مخطط Levey-Jenning للمستوى المرضي للجلوكوز في المختبر(أ)



الشكل 3: مخطط Levey-Jenning للمستوى الطبيعي للجلوكوز في المختبر (ب)



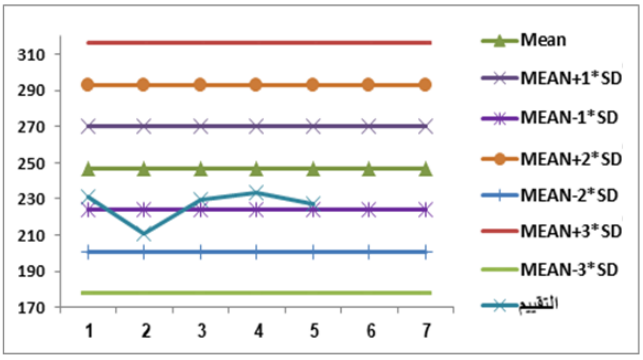
الشكل4: مخطط Levey-Jenning للمستوى المرضي للجلوكوز في المختبر (ب)



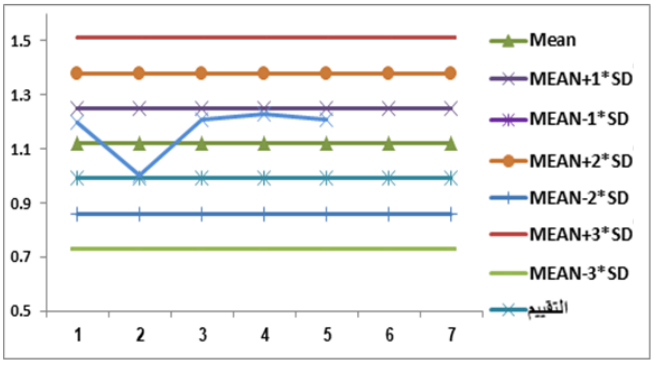
الشكل 5: مخطط Levey-Jenning للمستوى الطبيعي للجلوكوز في المختبر (ج)

الكرياتينين

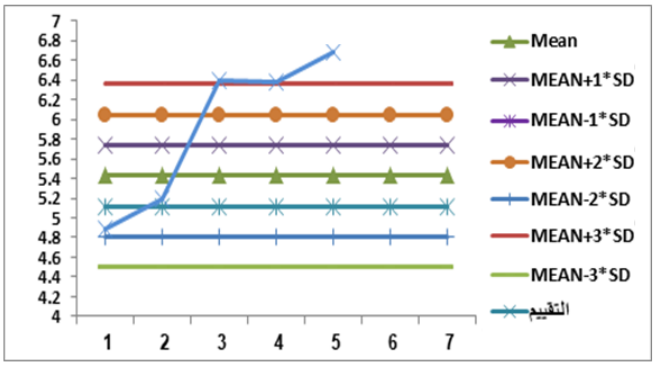
من خلال منحنيات Levey-Jenning التي تم إنشائها في هذه الدراسة نلاحظ أن جميع النتائج ضمن حدود القبول ماعدا اليوم الثالث، الرابع والخامس للمستوى المرضي في المختبر أ (الشكل 8) حيث تعدت النتائج حدود 3SD+ و بالتالي تم انتهاك القاعدة 1_{3S} في الثلاث أيام المتتالية وهي قاعدة رفض حيث ترفض النتائج وتتبع مصدر الخطأ و إصلاحه.



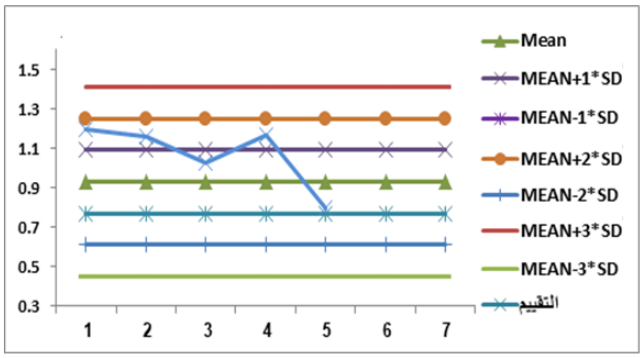
الشكل 6: مخطط Levey-Jenning للمستوى المرضي للجلوكوز في المختبر (ج)



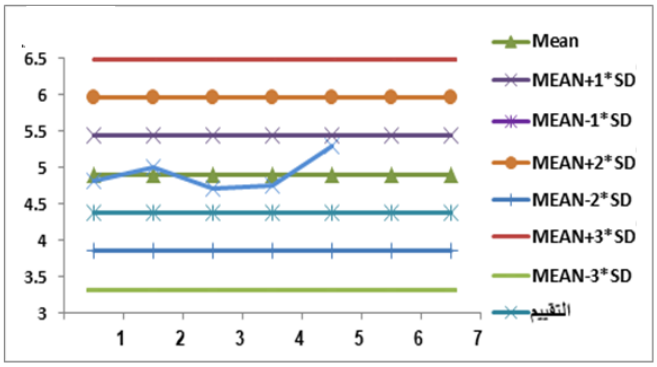
الشكل 7: منحنى Levey-Jenning للمستوى الطبيعي للكرياتينين في المختبر (أ)



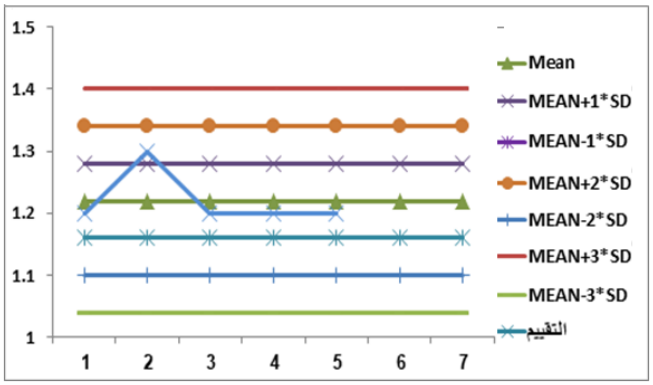
الشكل 8: منحنى Levey-Jenning للمستوى المرضي للكرياتينين في المختبر (أ)



الشكل 9: منحنى Levey-Jenning للمستوى الطبيعي للكرياتينين في المختبر (ب)



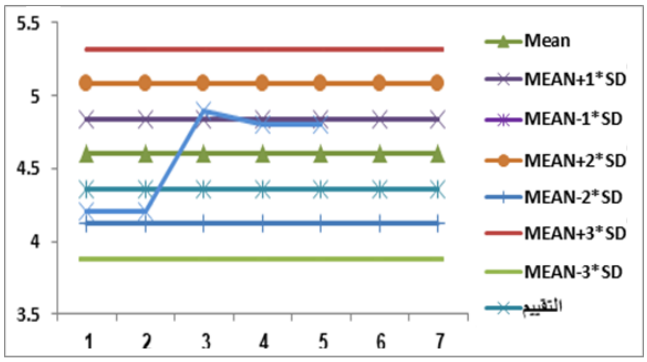
الشكل 10: منحنى Levey-Jenning للمستوى المرضي للكرياتينين في المختبر (ب)



الشكل 11: منحنى Levey-Jenning للمستوى الطبيعي للكرياتينين في المختبر (ج)

المناقشة

من خلال تقييم الجودة بمخطط Levey-Jenning تم تسجيل الخروج عن السيطرة في مختلف المختبرات وفي المتغيرين الداخلين في الدراسة بانتهاك القاعدة 1_{3S} و هي من قواعد Westgrad تسجل عندما تتعدى نتيجة واحدة من نتائج قياس العينات الضابطة حدود ±3SD عند انتهاكها يتم رفض التشغيل وتدل هذه القاعدة على حدوث خطأ عشوائي في التشغيل قد يكون السبب سوء التعامل مع معدات القياس مثل الماصات أو تحضير غير مناسب للعينة أو تذبذب في التيار الكهربائي لجهاز القياس و غيرها من الأسباب المحتملة.



الشكل 12: منحنى Levey-Jenning للمستوى المرضي للكرياتينين في المختبر (ج)

من القواعد التي تم انتهاكها في هذه الدراسة أيضاً هي القاعدة 1_{2S} و هي قاعدة تحذيرية تسجل عندما تتعدى نتيجة واحدة من نتائج العينة الضابطة حدود ±2SD وعند انتهاكها لمرة واحدة يقبل التشغيل ولكن وجب التركيز على النتائج بعدها حيث تزداد احتمالية حدوث الأخطاء في حال تكرر و تعدت نتيجة العينة الضابطة حدود±2SD في هذه الحالة تنتهك القاعدة 2_{2S} وهي من قواعد الرفض تدل على وقوع أخطاء منهجية و يرفض التشغيل، يمكن في هذه الحالة مراجعة تاريخ الصيانة و معايرة المعدات لتفادي الوقوع في الأخطاء المنهجية.

هذا يتوافق مع دراسة Audu وآخرون أجريت سنة 2018 في نيجيريا لتحديد مراقبة الجودة وتقييم الدهون الثلاثية والكوليستيرول في عدة مستشفيات حيث سجلت العديد من علامات التحذير خلال التشغيل التحليلي [16].

أيضاً توافقت مع دراسة يونس وآخرون التي أجريت سنة 2019 في السودان لتقييم تأثير تطبيق رقابة الجودة الداخلية على دقة نتائج الاختبار في مختبرات الكيمياء السريرية [1]. يمكن استخدام مراقبة الجودة الداخلية في المختبرات السريرية لتحسين موثوقية ودقة نتائج الاختبارات، فاختبارات مثل الجلوكوز والكرياتينين من أكثر الاختبارات الروتينية المستخدمة لتشخيص ومتابعة مرضى السكري والكلى في جميع المختبرات والمراكز الطبية في ليبيا [17-20]، مما قد يؤدي إلى تشخيص وعلاج أفضل، بالإضافة إلى تحسين الصحة العامة في الدول النامية.

الخلاصة

العمل على تحسين جودة نتائج المختبرات الطبية له تأثير مباشر على تحسين جودة القرارات الطبية و الطب عامة في ليبيا. يُظهر تحليل جودة نتائج المختبرات الطبية في بعض المختبرات ارتباطًا مباشرًا بتحسين جودة القرارات الطبية والرعاية الصحية بشكل عام.

كشفت مخططات تقييم الجودة المُنشأة لكل مختبر عن انتهاك متكرر لقاعدتي 1_{2S} و 1_{3S} تُشير القاعدة 1_{2S} إلى تجاوز نتيجة مراقبة واحدة لمدى ±2SD، وتُعد قاعدة تحذيرية. بينما تُنتهك القاعدة 1_{3S} عند تجاوز نتيجة مراقبة واحدة لمدى ±3SD، مما يستدعي رفض التشغيل.

التوصيات

نظرًا لأن الخدمات المخبرية الفعالة تُعد حجر الزاوية للرعاية الصحية الحديثة، توصي هذه الدراسة بما يلي:

- إجراء مراجعة دورية للصيانة ومعايرة مستمرة للمعدات داخل المختبرات.
- الالتزام بنظام منتظم لضبط الجودة، مع ضرورة البحث في أسباب انتهاك قواعد الضبط والخروج عن معايير الجودة، ومن ثم معالجة هذه الأسباب.
- تشجيع الابتكار في مجال ضبط الجودة التحليلية داخل المختبرات الطبية لضمان مواكبة التطورات التكنولوجية والعلمية وتحسين الخدمات المقدمة.
- توفير برامج تدريب مستمرة للمختصين في المختبرات الطبية لتحديث معارفهم ومهاراتهم فيما يتعلق بأحدث التقنيات والإجراءات المتبعة لضبط الجودة.

Author Contributions: "All authors have made a substantial, direct, and intellectual contribution to the work and approved it for publication."

Funding: "This research received no external funding."

Data Availability Statement: "No data were used to support this study."

Conflicts of Interest: "The authors declare that they have no conflict of interest."

References

[1] O. Younis, A. Tamomh, M. Suliman, and A. Talha, "Assessment of applying internal quality control and it is effect on accuracy of blood glucose measurement in some medical Laboratory in Kosti City, White Nile State, Sudan," *MOJ Public Health*, vol. 8, no. 3, pp. 98-106, 2019, https://doi.org/10.15406/mojph.2019.08.00291.

[2] X. Mao, J. Shao, B. Zhang, and Y. Wang, "Evaluating analytical quality in clinical biochemistry laboratory using Six Sigma," *Biochemia medica*, vol. 28, no. 2, pp. 253-256, 2018, https://doi.org/10.11613/BM.2018.020904.

[3] K. Chauhan, J. Patel, and A. Trivedi, "Six sigma in clinical biochemistry: It matters, measure it," *Int J Clin Biochem Res*, vol. 4, no. 3, pp. 270-274, 2017, https://doi.org/10.18231/2394-6377.2017.0064

[4] B. Goswami, B. Singh, R. Chawla, and V. Mallika, "Evaluation of errors in a clinical laboratory: a one-year experience," *Clinical chemistry and laboratory medicine*, vol. 48, no. 1, pp. 63-66, 2010. https://doi.org/10.1515/CCLM.2010.006

[5] S. Iqbal and T. Mustansar, "Application of sigma metrics analysis for the assessment and modification of quality control program in the clinical chemistry laboratory of a tertiary care hospital," *Indian Journal of Clinical Biochemistry*, vol. 32, no. 1, pp. 106-109, 2017. https://doi.org/10.1007/s12291-016-0565-x

[6] I. Audu *et al.*, " Quality Control Monitoring & Evaluation of Bilirubin, Alkaline Phosphates and Inter-Laboratory Assessment of two Hospitals in North Central Nigeria," *International Journal of Clinical Chemistry and Laboratory Medicine* vol. 3, no. 3, pp. 1-7, 2017. http://dx.doi.org/10.20431/2455-7153.0303001.mk

[7] B. Kumar and T. Mohan, "Sigma metrics as a tool for evaluating the performance of internal quality control in a clinical chemistry laboratory," *Journal of laboratory physicians*, vol. 10, no. 02, pp. 194-199, 2018. https://doi.org/10.4103/JLP.JLP_102_17.

[8] P. Karkalousos and A. Evangelopoulos, "Quality Control in Clinical Laboratories', Applications and Experiences of Quality Control," *INTECH Open Access Publisher* pp. 331-360, 2011. https://doi.org/10.5772/15865.

[9] H. Kinns, S. Pitkin, D. Housley, and D. B. Freedman, "Internal quality control: best practice," *Journal of clinical pathology*, vol. 66, no. 12, pp. 1027-1032, 2013. https://doi.org/10.1136/jclinpath-2013-201661.

[10] J. O. Westgard, "Internal quality control: planning and implementation strategies," *Annals of clinical biochemistry*, vol. 40, no. 6, pp. 593-611, 2003. https://doi.org/10.1258/000456303770367199.

[11] T. Badrick, "Integrating quality control and external quality assurance," *Clinical biochemistry*, vol. 95, pp. 15-27, 2021. https://doi.org/10.1016/j.clinbiochem.2021.05.003.

[12] D. Depriest, "Introduction to Quality Control," *Journal of Quality Technology*, vol. 22, no. 3, pp. 248–249, 1990. https://doi.org/10.1080/00224065.1990.11979249.

[13] S. Cao, and X. Qin, "Application of Sigma metrics in assessing the clinical performance of verified versus non-verified reagents for routine biochemical analytes," *Biochemia Medica*, vol. 28, no. 2, pp. 215-221, 2018. https://doi.org/10.11613/ BM.2018.020709.

[14] G. Cooper, "Basic lessons in laboratory quality control," *Hercules: Bio-Rad Laboratories*, 2008. [Online]. Available: https://sscc.med.sa/wp-content/uploads/2022/07/Basic-Lessons-in-Laboratory-Quality-Control-.pdf.

[15] B. Stewart, "Multirule and "Westgard rules": what are they?," *Clinical biochemistry*, vol. 2280, no. 23, pp. 47-56, 2006. https://westgard.com/westgard-rules.html.

[16] S. Audu *et al.*, "Quality Control Monitoring & Evaluation of Triglycerides, Cholesterol And Inter-Laboratory Assessment of Two Hospitals In Central Nigeria," *IOSR Journal of Applied Chemistry*, vol. 11, no. 9, pp. 5-11, 2018, https://doi.org/10.9790/5736-1109010511.

[17] A. A. Almajdoub, M. M. Alzwayi, and N. M. Alaasswad, "Estimated blood levels of zinc and copper among type-2 diabetic patients and their relationship to insulin resistance," *Wadi Alshatti University Journal of Pure and Applied Sciences*, vol. 1, no. 1, pp. 9-15, 2023.

[18] A. Mosbah, A. Yhmed, A. Elwafa, and M. Alzwayi, "Prevalence of Type 2 Diabetes and Prediction of Renal Failure Phases in Males Attending Brack AlShatti Hospital," Wadi Alshatti University Journal of Pure and Applied Sciences, vol. 3, no. 1, pp. 18-23, 2025. https://doi.org/10.63318/waujpas.v3i1.04

[19] A. Abubaker and I. Eshnaf, "The Association between Serum Magnesium Level and Microalbuminuria in Diabetic Patients Attending Sebha Diabetic and Endocrine Centre, Sebha-Libya," W*adi Alshatti University Journal of Pure and Applied Sciences*, vol. 3, no. 1, pp. 135-141, 2025. https://doi.org/10.63318/waujpasv3i1_20

[20] A. Mabrouk and A. Yhmed, "Evaluation of the association between HbA1c and the Atherosclerosis Index of Plasma (AIP) in diabetic patients in Benghazi, Libya," *Wadi Alshatti University Journal of Pure and Applied Sciences*, vol. 3, no. 2, pp. 174-178, 2025. https://doi.org/10.63318/waujpasv3i2_22.