

Améliorer les soins aux patients dans le Worcestershire : Suivi de l'impact du DxA5000 après un an d'installation

Résumé

Contexte : Un délai d'exécution (TAT) exact et prévisible est crucial pour les soins de santé centrés sur le patient. Le TAT a un impact direct sur la satisfaction des patients et des médecins, ainsi que sur l'amélioration de l'efficacité du système de santé dans son ensemble.

Objectif : Cette étude observationnelle en laboratoire clinique visait à évaluer l'impact d'un système d'automatisation totale du laboratoire (TLA) (DxA 5000, Beckman Coulter) sur le TAT des tubes de biochimie et d'immuno-analyse à partir du moment où ils sont chargés dans le système d'automatisation (Lecture du code-barres du tube).

Méthodes : Des données ont été collectées sur des paramètres spécifiques dans le flux de travail du laboratoire afin de comparer et d'analyser le TAT du tube de biochimie depuis l'arrivée du tube jusqu'au rapport final du patient avant et après l'installation du système TLA. Nous avons également comparé le taux d'erreurs pré-analytiques tout au long du processus, telles que (i) type de tube incorrect reçu pour le test, (ii) tests S.O. (tube hémolysé) et (iii) volume reçu insuffisant. L'analyse a été faite avec des valeurs moyennes calculées à partir de données brutes. De plus, une comparaison du processus de tests supplémentaires (tests complémentaires) a été effectuée, en recueillant le temps écoulé entre l'enregistrement de la demande supplémentaire dans la plateforme de gestion des données et le résultat pour le patient.

Résultats : Après l'installation du TLA DxA 5000, le TAT de « BCR read at Automation to Sample Result » (Lecture du code-barres du tube à l'automatisation jusqu'aux résultats) a été réduit de 56 % pour les tubes urgents ; et a été réduit de 59 % pour les tubes de routine. De plus, et c'est un point important, l'écart type entre les résultats de « BCR read at Automation to Sample Result » (Lecture du code-barres du tube à l'automatisation jusqu'aux résultats) a été réduit de 91 % pour les tubes urgents. La réduction du TAT dérivée du système TLA a amélioré l'efficacité du flux de travail du laboratoire, en intégrant la centrifugation des échantillons en ligne, en minimisant la manipulation manuelle et en automatisant la communication des données. En outre, en raison du contrôle accru de la qualité du système TLA, une demande accrue de charge de travail tout au long de la période de l'étude ne s'est pas traduite par une augmentation du taux d'erreur pré-analytique. Le nouveau processus automatisé a permis d'obtenir un rapport clinique informatisé et standardisé sur les erreurs pré-analytiques, réduisant ainsi le niveau de saisie manuelle dans la détection des erreurs.

Conclusion : L'automatisation totale dans le laboratoire clinique a représenté une amélioration substantielle de la prévisibilité opérationnelle, de l'efficacité, de la précision des tests et de la qualité des tests, conduisant à des soins de santé optimisés avec une efficacité de laboratoire accrue. À ce titre, l'automatisation totale du laboratoire favorise une approche des soins de santé centrée sur le patient.

Introduction

Le laboratoire clinique est une unité fondamentale dans le soutien du diagnostic, du pronostic, du contrôle du traitement et de la prévention des maladies en produisant des résultats exacts, reproductibles et opportuns pour aider à la prise de décisions cliniques.¹ Comme pour les autres services hospitaliers, les laboratoires de diagnostic in vitro font face à une pression pour préserver les coûts, tout en offrant des délais améliorés grâce à de nouveaux processus de flux de travail et à de nouvelles solutions informatiques.²

Les innovations technologiques grâce à la robotique et à des interfaces logicielles améliorées ont la capacité de transformer ces flux de travail en offrant au personnel de santé les connaissances et les outils nécessaires pour fournir de meilleurs soins à un plus grand nombre de patients en utilisant moins de ressources.³ À ce titre, l'automatisation en laboratoire a démontré une importance accrue dans l'évolution des essais cliniques, notamment au service des hôpitaux qui couvrent des populations plus importantes.⁴ La mise en œuvre de l'automatisation dans le laboratoire clinique a permis une performance soutenue malgré l'augmentation de la charge de travail et des engagements de service, dans un environnement de soins de santé en constante évolution.²

Les systèmes d'automatisation totale du laboratoire (TLA) sont conçus pour augmenter l'efficacité, réduire les erreurs et améliorer le contrôle de la qualité des résultats cliniques en rationalisant la manipulation et le traitement des tubes, en minimisant la manipulation manuelle et en réduisant le risque d'erreur humaine.⁵ La détection intégrée de la qualité dans les TLA réduit le risque d'erreurs associées aux processus manuels, avec des anomalies détectées automatiquement et traitées ou identifiées rapidement. Une telle intégration totale aide à maintenir l'intégrité des données et facilite une gestion efficace des flux de travail, avec l'utilisation d'interfaces intuitives pour fournir des contrôles au personnel de santé afin de mettre en place des processus, de suivre les progrès et de résoudre les problèmes, ainsi que d'avoir accès à des outils de communication des données détaillés. En outre, les TLA évolutifs peuvent répondre à des demandes de charge de travail variables et s'adapter à différents types de tests et de procédures, permettant aux laboratoires cliniques de s'adapter aux besoins sans perturber considérablement les opérations en cours. Ainsi, non seulement les grands hôpitaux, mais aussi les petites et moyennes installations de laboratoire clinique commencent à évaluer les

avantages des TLA pour résoudre les problèmes liés à la pénurie de personnel et à la hausse des coûts.^{4,6}

Une intégration efficace des systèmes informatiques du laboratoire et de la robotique en un seul système est cruciale pour gérer les données générées par les processus automatisés, ce qui comprend le suivi des échantillons, l'enregistrement des résultats et la garantie que les données sont facilement accessibles à l'analyse et à la communication des données avec des délais d'exécution rapides (TAT).⁷ En fait, un TAT amélioré est directement associé à la satisfaction des patients et des médecins,⁸ et un TAT fiable est cruciale pour prendre des mesures en temps opportun dans la gestion des patients et la prestation de soins de santé centrés sur le patient.⁹

Dans cette optique, nous avons décidé de tester l'amélioration du TAT après l'installation du TLA DxA 5000 (Beckman Coulter) au Worcestershire Royal Hospital, un hôpital financé par le National Health Service (NHS) à Worcestershire, au Royaume-Uni, qui dessert une population de plus de 550 000 habitants.¹⁰ Grâce à la collecte de données sur des indicateurs spécifiques dans le processus analytique du laboratoire, nous avons comparé et analysé les délais d'exécution avant et après l'installation du DxA 5000, et comparé le taux d'erreurs pré-analytiques tout au long du processus.

Méthodes

Entre septembre 2021 et février 2023, nous avons collecté et analysé les mesures opérationnelles de référence au laboratoire clinique du Worcestershire Royal Hospital, Worcestershire, Royaume-Uni.

Afin d'évaluer le TAT pendant la période la plus chargée du laboratoire, les points temporels ont tous été collectés en une journée pendant les heures de pointe de 13:00:00 à 18:00:00 (h:min:sec). Ainsi, les données de TAT ont été collectées le 09/08/2021 dans les conditions avant installation ; et le 02/01/2023 dans les conditions après installation.

Afin de pouvoir comparer les données collectées de manière appropriée, un ensemble de normes a été défini par l'équipe de recherche, fournissant des modèles pour l'enregistrement des données. Les points de départ et d'arrivée des mesures ainsi que la source de données au sein du même processus ont été décrits.

Les tubes sélectionnés pour l'analyse comprenaient des Tests Urgents et des Tests sériques de routine, qui ont été analysés par un personnel dédié, un ordinateur et des

centrifugeuses. D'autres précisions ont été apportées notamment sur le fait que les enquêtes étaient manuelles ou automatiques.

Pour les mesures TAT avant l'installation du DxA 5000 (processus de manipulation manuelle), tous les tubes ont été centrifugés hors ligne, 100 tubes par centrifugeuse avec une durée de centrifugation de 5 min.

Pour les mesures TAT après l'installation du DxA 5000, tous les tubes ont été centrifugés en ligne, avec 36 tubes par portoir d'entrée DxA avec une durée de centrifugation de 4 min. L'étiquetage et l'enregistrement ont été effectués par la même personne pour chaque tube ; et une fois que tous les tubes ont été étiquetés, ils ont été considérés comme réservés dans le système (pas de processus de type convoyeur).

En résumé, grâce à la collecte de données sur des paramètres spécifiques dans le flux de travail du laboratoire, nous avons comparé et analysé le TAT à partir du moment où un tube de biochimie a été reçu en laboratoire jusqu'au moment où les résultats étaient disponibles pour validation et prêts à être rapportés avant et après l'installation du TLA DxA 5000 (Beckman Coulter).

Dans le même temps, nous avons également comparé le taux d'erreurs pré-analytiques tout au long du processus, telles que (i) le type de tube incorrect reçu pour le test, (ii) les tests S.O. (tube hémolysé) et (iii) les volumes reçus.

De plus, une comparaison du processus de tests supplémentaires (tests complémentaires) a été effectuée, en recueillant le temps écoulé entre l'enregistrement de la demande supplémentaire dans la plateforme de gestion des données et le résultat pour le patient.

Toutes les analyses ont été effectuées avec des valeurs moyennes calculées à partir de données brutes majorées ou minorées de l'écart type (ET).

Résultats

Le TAT a été analysé avant et après l'installation du TLA DxA 5000. Comme décrit dans la section Méthodes, le délai d'exécution (TAT) a été calculé manuellement ou a été automatiquement enregistré dans le système à partir du moment où le code-barres du tube (BCR) a été lu au niveau du système d'automatisation (DxA 5000 / Système d'automatisation précédent) et jusqu'au moment où tous les résultats du tube étaient disponibles pour validation. Comme le montre la Figure 1, il y a une réduction significative du pourcentage du TAT total associé au changement dans la manipulation des différents types de

tubes de base (STAT et Tests sériques de routine). Ainsi, après l'installation du DxA 5000, il y a eu une réduction de 56 % du TAT total pour les tubes d'urgence (STAT, 00:59:26 vs 00:26:04) et de 59 % du TAT total pour les tests sériques de routine (01:25:13 contre 00:34:46). En outre, il y a une forte réduction de l'ET, ce qui indique une variabilité et une dispersion plus faibles des points de données TAT avec l'utilisation du TLA DxA 5000.

Une telle réduction de l'ET se traduit par la cohérence, la prévisibilité et la fiabilité du service fourni, ce qui renforce la confiance dans le laboratoire. D'un point de vue organisationnel plus large, un service prévisible et cohérent diminue la pression au sein de la main-d'œuvre du laboratoire.

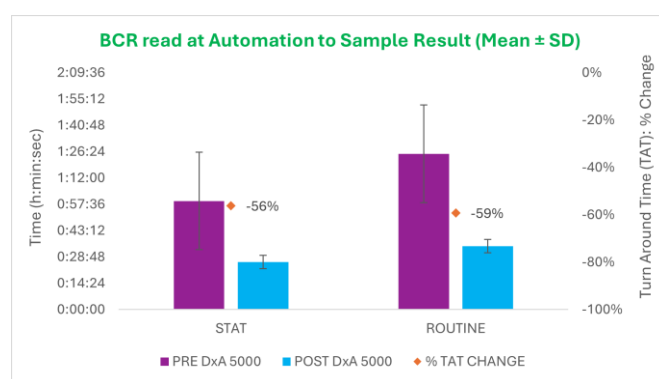


Figure 1. Axe gauche : comparaison du temps écoulé entre l'arrivée à l'automatisation et la disponibilité du résultat final d'échantillon pour différents tubes de biochimie (Urgents et Tests sériques de routine) dans les conditions avant et après installation du DxA 5000 (Écart $\pm$ type moyen). Axe droit : analyse de l'impact sur la réduction du délai d'exécution (TAT) total (en pourcentage) avant et après installation du DxA 5000.

Étant donné que le TAT est une mesure de l'efficacité du service de laboratoire clinique, nos résultats montrent que le flux de travail de laboratoire devient plus efficace avec le TLA DxA 5000 automatisé, car les résultats cliniques sont fournis plus rapidement et de manière plus fiable. Étant donné que les décisions cliniques dépendent de la communication des résultats du laboratoire, la rapidité du TLA DxA 5000 automatisé accélère les décisions cliniques, favorisant ainsi une approche des soins de santé centrée sur le patient.

De plus, en examinant le temps écoulé entre la lecture à l'automatisation et le premier analyseur (Figure 2), il y a eu une réduction de 68 % du TAT pour la manipulation des tubes d'urgence (STAT, 00:36:48 vs 00:11:41) et une réduction de 44 % du TAT pour les tubes de routine (00:22:17 contre 00:12:23). Ces données sont une démonstration claire d'un processus pré-analytique

amélioré et plus cohérent, qui affecte directement le TAT de laboratoire.

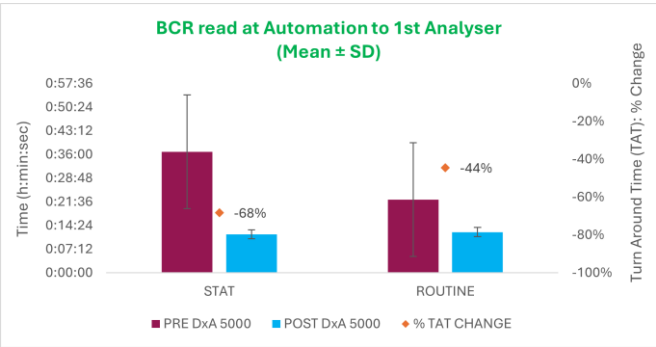


Figure 2. Axe gauche : Comparaison du temps moyen entre l'arrivée à l'automatisation et le premier analyseur de différents tubes de biochimie (Urgents et Tests sériques de routine) dans les conditions avant et après installation du DxA 5000 (Écart $\pm$ type moyen). Axe droit : analyse de l'impact sur la réduction du délai d'exécution (TAT) total (en pourcentage) avant et après installation du DxA 5000

En ce qui concerne le temps nécessaire pour que des tests supplémentaires (tests complémentaires) soient effectués, le temps écoulé entre l'enregistrement du test supplémentaire dans la plateforme de gestion des données et l'obtention du résultat a été mesuré. Nous rapportons qu'avec l'installation de DxA 5000, le résultat est disponible en 00:25:15 par rapport à 00:49:11 dans les conditions avant installation (Figure 3). Ceci est crucial, en particulier dans les situations d'urgence et en soins intensifs, car il permet de poursuivre les tests pour affiner rapidement le diagnostic et le traitement des patients, améliorer la gestion des patients et, de manière générale, améliorer les résultats des patients gravement malades.

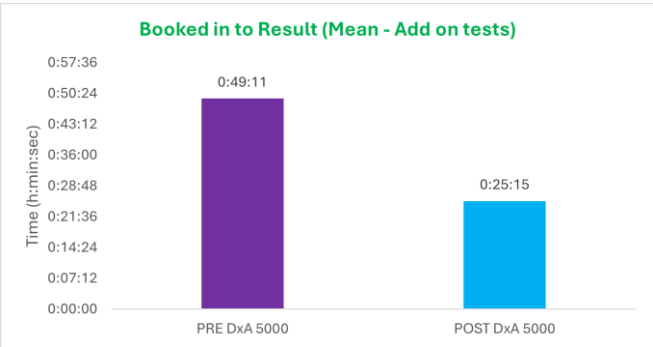


Figure 3. La comparaison de l'intervalle entre l'enregistrement du tube et la disponibilité du résultat final du tube pour les tests complémentaires dans les conditions avant et après installation du DxA 5000.

Fait intéressant, entre 2021 et 2023, il y a eu une augmentation de la charge de travail du laboratoire avec 961 contre 1 419 erreurs totales détectées entre les paramètres. Bien qu'il y ait eu une augmentation de la charge de travail, en termes d'identification du pourcentage d'erreur pré-analytique, il n'y a pas de différence entre les conditions avant et après installation (Figure 4). Cependant, avec le DxA 5000, les erreurs sont immédiatement signalées par le système, réduisant ainsi le risque clinique de produire des résultats erronés pour le patient, tout en améliorant l'efficacité du contrôle de qualité. De plus, auparavant, les niveaux d'hémolyse auraient été très subjectifs, car il appartenait à l'individu d'évaluer le tube. Le DxA 5000 a standardisé le processus d'évaluation des niveaux d'hémolyse à l'aide du routage et du test analytique DxA, assurant la cohérence du contrôle de qualité de l'échantillon. En outre, le processus automatisé fournit un commentaire standardisé à communiquer au clinicien, réduisant ainsi le niveau d'implication manuelle et de subjectivité dans le contrôle de qualité.

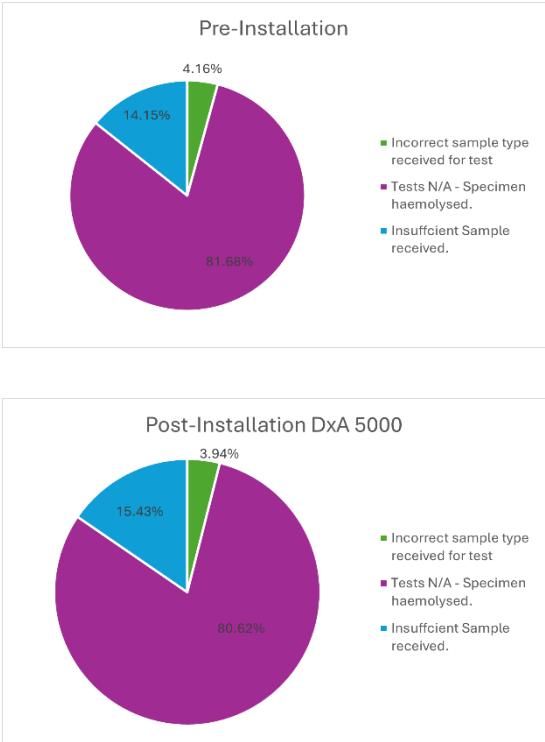


Figure 4. Détection d'erreurs : comparaison de l'identification des erreurs pré-analytiques avant et après installation du DxA 5000.

Discussion

Les médecins utilisent le TAT comme référence pour les performances du laboratoire et pour communiquer la ponctualité des services de santé à leurs patients.⁹ Le TAT agit également comme un indicateur de qualité pour évaluer l'efficacité et l'efficience du processus de test clinique. En tant que tel, le délai entre la réception du tube au laboratoire et la livraison ou l'expédition finale du rapport est considéré comme une norme pour un service de bonne qualité en termes de tests de diagnostic *in vitro*.

Nos résultats montrent une réduction du TAT de plus de 50 % pour les tubes urgents. Des résultats de test rapides et exacts peuvent avoir un impact significatif sur les soins fournis aux patients, et des TAT plus courts permettent un diagnostic et un traitement plus rapides, en particulier dans le cas de conditions critiques engageant le pronostic vital. Dans les situations d'urgence, des résultats de laboratoire rapides sont essentiels pour prendre des décisions cliniques immédiates, et des TAT efficaces aident à rationaliser les opérations hospitalières en réduisant le temps global que les patients passent dans les services d'urgence ou en attente d'une intervention chirurgicale aiguë, ce qui peut à son tour améliorer la gestion des lits et réduire les coûts des soins de santé.¹¹

En outre, lorsque les patients reçoivent des diagnostics plus rapides et commencent les traitements plus tôt, leur satisfaction à l'égard du système de santé s'améliore, ce qui se reflète également sur les prestataires de soins de santé qui visent à fournir des soins de haute qualité.¹² Les longs temps d'attente peuvent entraîner de la frustration et de l'insatisfaction chez les patients, ce qui affecte négativement leur expérience globale en matière de soins de santé. Ainsi, en minimisant les retards, les prestataires de soins de santé peuvent améliorer considérablement la satisfaction des patients, ces derniers étant plus susceptibles d'adhérer aux traitements prescrits et de continuer à utiliser les services de santé au besoin. En outre, l'attente de services de santé peut être une source de stress et d'anxiété importants pour les patients.^{13,14} Cette tension émotionnelle peut nuire à la santé et aggraver les conditions existantes. Ainsi en réduisant les temps d'attente des patients, les prestataires de soins de santé peuvent atténuer ces émotions négatives, contribuant à une expérience de soins de santé plus positive et potentiellement à de meilleurs résultats cliniques.¹⁵

En ce qui concerne les équipes du laboratoire, l'automatisation réduit le besoin de tâches manuelles

telles que le tri, l'étiquetage, la centrifugation et l'aliquotage des échantillons, ce qui non seulement accélère le processus, mais libère également le personnel de laboratoire pour qu'il se concentre sur des tâches analytiques plus complexes ou des tâches de résolution de problèmes, plutôt que sur la préparation d'échantillons de routine. Les systèmes automatisés fournissent un traitement cohérent et reproductible, réduisant la variabilité qui peut survenir lors de la manipulation manuelle. Cela augmente la précision des tests, diminue la probabilité de réexecutions en raison d'erreurs et garantit des résultats plus rapides et plus fiables.^{16,17}

Avec nos résultats, nous avons également constaté que le DxA 5000 peut gérer des charges de travail accrues, permettant aux laboratoires de traiter un grand nombre de tubes rapidement et de manière cohérente avec une intégration transparente au sein du Système Informatique du Laboratoire (SIL) et du Système d'Information Hospitalier (SIH). Cela garantit l'accessibilité rapide des résultats des tests aux prestataires de soins de santé, ce qui accélère la prise de décision clinique. L'automatisation permet le suivi de chaque activité effectuée dans le laboratoire, générant des données numériques avec des rapports détaillés qui facilitent l'analyse et la fourniture de données pour des décisions médicalement éclairées. En outre, avec le contrôle de qualité automatisé intégré, les résultats des patients sont surveillés en permanence afin que l'équipe exécutant les tests puisse être alertée immédiatement d'une éventuelle erreur ou d'un problème de performance, évitant ainsi la nécessité de refaire le test du patient plus tard dans la journée.

Cette étude avait plusieurs limites : par exemple, elle n'incluait pas de randomisation, se limitait à un seul site d'étude et ne comportait aucune analyse statistique. Une future étude utilisant une approche mixte, combinant des données quantitatives et qualitatives, pourrait fournir une vision plus complète des impacts de l'automatisation dans le laboratoire clinique. Néanmoins, une automatisation adaptée aux besoins du laboratoire peut accélérer le flux de travail et optimiser l'utilisation du personnel et des équipements, améliorer la sécurité en réduisant le contact avec les risques biologiques potentiels et permettre au personnel de passer plus de temps à vérifier les résultats anormaux ou critiques.^{2,6,18-20}

Cette étude observationnelle fournit une réflexion significative sur l'impact du système TLA DxA 5000 sur la réduction et la standardisation du TAT, améliorant considérablement l'efficacité du laboratoire et de l'hôpital dans son ensemble. En accélérant les processus de

laboratoire, le TLA DxA 5000 offre une approche de soins de santé plus centrée sur le patient.

Dans la perspective de l'avenir, les applications informatiques potentielles avec l'utilisation de l'intelligence artificielle (IA) en médecine de laboratoire pourraient offrir de nouvelles opportunités et étendre les avantages de ces systèmes TLA. L'utilisation de l'IA pourrait améliorer de nombreuses activités manuelles de la phase pré-analytique qui demandent une forte intensité de main d'œuvre et qui sont intrinsèquement caractérisées par une vulnérabilité et un risque élevé d'erreurs.²¹ Ces applications potentielles pourraient optimiser davantage le TAT avec un transport plus efficace des tubes (par exemple, surveillé avec des tubes sanguins intelligents ou des enregistreurs de données), une évaluation systématique de la qualité du tube (par exemple, en mesurant les indices sériques, le volume de remplissage ou pour détecter la coagulation), ainsi que la détection et l'analyse des erreurs.²² Par conséquent, il est encore possible d'améliorer les services de soins de santé en laboratoire clinique en fournissant des résultats plus rapides et plus exacts.

Conclusions

Le TAT est un outil important d'évaluation de la qualité en laboratoire qui peut améliorer les résultats du traitement des patients. Globalement, l'automatisation totale dans les laboratoires cliniques représente une amélioration substantielle de l'efficacité de fonctionnement et de la précision des tests, deux éléments essentiels pour réduire les délais d'exécution et améliorer notre système de santé.

Références

1. Letelier P, Guzmán N, Medina G, Calcumil L, Huencho P, Mora J, Quiñones F, Jara J, Reyno C, Fariás JG, et al. Workflow optimization in a clinical laboratory using Lean management principles in the pre-analytical phase. *J Med Biochem*. 2021;40:26-32. doi: 10.5937/jomb0-26055
2. Yeo CP, Ng WY. Automation and productivity in the clinical laboratory: experience of a tertiary healthcare facility. *Singapore Med J*. 2018;59:597-601. doi: 10.11622/smedj.2018136
3. Undru TR, Uday U, Lakshmi JT, Kaliappan A, Mallamgunta S, Nikhat SS, Sakthivadivel V, Gaur A. Integrating Artificial Intelligence for Clinical and Laboratory Diagnosis - a Review. *Maedica (Bucur)*. 2022;17:420-426. doi: 10.26574/maedica.2022.17.2.420
4. Rodrigues S. Guidelines for implementing automation in a hospital laboratory setting--part I. *Clin Leadersh Manag Rev*. 2007;21:E2.
5. Holland I, Davies JA. Automation in the Life Science Research Laboratory. *Front Bioeng Biotechnol*. 2020;8:571777. doi: 10.3389/fbioe.2020.571777
6. Rupp N, Ries R, Wienbruch R, Zuchner T. Can I benefit from laboratory automation? A decision aid for the successful introduction of laboratory automation. *Analytical and Bioanalytical Chemistry*. 2024;416:5-19. doi: 10.1007/s00216-023-05038-2
7. Kim K, Lee SG, Kim TH, Lee SG. Economic Evaluation of Total Laboratory Automation in the Clinical Laboratory of a Tertiary Care Hospital. *Ann Lab Med*. 2022;42:89-95. doi: 10.3343/alm.2022.42.1.89
8. Lee S, Yoon S, Lee W, Chun S, Min W-K. Strategies to shorten turnaround time in outpatient laboratory. *Journal of Clinical Laboratory Analysis*. 2022;36:e24665. doi: <https://doi.org/10.1002/jcla.24665>
9. Dawande PP, Wankhade RS, Akhtar FI, Noman O. Turnaround Time: An Efficacy Measure for Medical Laboratories. *Cureus*. 2022;14:e28824. doi: 10.7759/cureus.28824
10. NHS. Worcestershire Royal Hospital. <https://www.worcsacutenhs.uk/our-hospitals/worcestershire-royal-hospital/>. 2024;Assessed 22 April 2024.
11. Zepeda-Lugo C, Tlapa D, Baez-Lopez Y, Limon-Romero J, Ontiveros S, Perez-Sanchez A, Tortorella G. Assessing the Impact of Lean Healthcare on Inpatient Care: A Systematic Review. *Int J Environ Res Public Health*. 2020;17. doi: 10.3390/ijerph17155609
12. Binsalih SA, Waness AO, Tamim HM, Harakati MS, Al Sayyari AA. Inpatients' care experience and satisfaction study. *J Family Community Med*. 2011;18:111-117. doi: 10.4103/2230-8229.90009
13. Gagliardi AR, Yip CYY, Irish J, Wright FC, Rubin B, Ross H, Green R, Abbey S, McAndrews MP, Stewart DE. The psychological burden of waiting for procedures and patient-centred strategies that could support the mental health of wait-listed patients and caregivers during the COVID-19 pandemic: A scoping review. *Health Expect*. 2021;24:978-990. doi: 10.1111/hex.13241
14. Chu H, Westbrook RA, Njue-Marendes S, Giordano TP, Dang BN. The psychology of the wait time experience – what clinics can do to manage the waiting experience for patients: a longitudinal, qualitative study. *BMC Health Services Research*. 2019;19:459. doi: 10.1186/s12913-019-4301-0
15. Fryburg DA. What's Playing in Your Waiting Room? Patient and Provider Stress and the Impact of Waiting Room Media. *J Patient Exp*. 2021;8:23743735211049880. doi: 10.1177/23743735211049880
16. Al Naam YA, Elsafi S, Al Jahdali MH, Al Shaman RS, Al-Qurouni BH, Al Zahrani EM. The Impact of Total Automaton on the Clinical Laboratory Workforce: A Case Study. *J Healthc Leadersh*. 2022;14:55-62. doi: 10.2147/jhl.S362614
17. Sarkozi L, Simson E, Ramanathan L. The effects of total laboratory automation on the management of a clinical chemistry laboratory. Retrospective analysis of 36 years. *Clin Chim Acta*. 2003;329:89-94. doi: 10.1016/s0009-8981(03)00020-2
18. Manoj Tyagi IR. Improving Laboratory Productivity Through Automation. *Association for Diagnostics & Laboratory Medicine*. 2022;Scientific Shorts.
19. Genzen JR, Burnham CD, Felder RA, Hawker CD, Lippi G, Peck Palmer OM. Challenges and Opportunities in Implementing Total Laboratory Automation. *Clin Chem*. 2018;64:259-264. doi: 10.1373/clinchem.2017.274068
20. Lou AH, Elnenaei MO, Sadek I, Thompson S, Crocker BD, Nassar B. Evaluation of the impact of a total automation system in a large core laboratory on turnaround time. *Clinical Biochemistry*. 2016;49:1254-1258. doi: <https://doi.org/10.1016/j.clinbiochem.2016.08.018>
21. Lippi G, Rin GD. Advantages and limitations of total laboratory automation: a personal overview. *Clinical Chemistry and Laboratory Medicine (CCLM)*. 2019;57:802-811. doi: 10.1515/cclm-2018-1323
22. Lippi G, Mattiuzzi C, Favaloro EJ. Artificial intelligence in the pre-analytical phase: State-of-the art and future perspectives. *J Med Biochem*. 2024;43:1-10. doi: 10.5937/jomb0-45936

© 2024 Beckman Coulter, Inc. Tous droits réservés. Beckman Coulter, le logo stylisé et les marques des produits et des services Beckman Coulter mentionnées ici sont des marques ou des marques déposées de Beckman Coulter, Inc. aux États-Unis et dans d'autres pays.

Le dispositif cité est destiné à des professionnels de santé et est conforme à la (aux) destination(s) au sens du règlement IVD 2017/746.

Lire attentivement les instructions figurant sur l'étiquetage et/ou la notice d'utilisation.

Pour connaître l'adresse et les numéros de téléphone des bureaux Beckman Coulter dans le monde entier, rendez-vous sur le site www.beckmancoulter.com/contact
2024_23SEP-Advancing Patient Health-WITS-FL-EU-FR

