

РЕАЛИЗАЦИЯ ТЕХНОЛОГИЙ "POINT-OF-CARE TESTING" В УСЛОВИЯХ ИНТЕНСИВНОЙ ТЕРАПИИ

IMPLEMENTATION OF "POINT-OF-CARE TESTING" TECHNOLOGIES IN THE CONDITIONS OF INTENSIVE CARE

Рахматуллина И.П.¹
Золотухин К.Н.²
Самородов А.В.²

Rakhmatullina IR¹
Zolotukhin KN²
Samorodov AV²

¹ФГБОУ ВО «Башкирский государственный медицинский университет» Минздрава России

²ГБУЗ Республиканская клиническая больница им. Г.Г. Куватова Минздрава России

¹Bashkir State Medical University

²State Republic Hospital n.a. G.G. Kuvatov

Основной моделью лабораторной диагностики и мониторинга в интенсивной терапии является проведение анализов в условиях централизованной лаборатории. Однако на сегодняшний день активно внедряются альтернативные модели технологии «на месте оказания медицинской помощи» ("Point-of-care testing").

В обзорной статье представлен анализ технологий Point-of-care testing с точки зрения врача интенсивной терапии.

К основным преимуществам данной концепции мониторинга относятся скорость проведения анализа и экономическая составляющая. Среди недостатков выделены неоднозначная оценка точности и объективности анализов, дополнительная нагрузка на персонал отделений реанимации и интенсивной терапии.

Изложены возможные пути разрешения спорных моментов, направленных на повышение качества анализов и их воспроизводимости.

Несмотря на то, что технологии "Point-of-care testing" на сегодняшний день не способны заменить централизованные лаборатории, они уверенно занимают определенную нишу и будут играть более активную роль в вопросах диагностики и мониторинга пациентов в критическом состоянии.

Ключевые слова: point-of-care testing, мониторинг, интенсивная терапия.

The analysis in the centralized laboratory is the main model of laboratory diagnosis and monitoring in the conditions of intensive care. However, alternative models of "point-of-care testing" technology are being actively introduced nowadays.

This review article presents the analysis of "Point-of-care testing" technologies from the perspective of the intensive care doctor.

The main advantages of this monitoring idea include the speed of analysis and the cost of components. Among the disadvantages we can identify ambiguous assessment of the accuracy and objectivity of analyses, additional burden on the staff of resuscitation and intensive care units.

Possible ways of resolving disputable issues aimed at improving quality and reproducibility of the analyses are outlined in this work.

Despite the fact that currently "Point-of-care testing" technologies cannot replace centralized laboratories, they are steadily occupying a certain niche and are going to play a more important role in diagnosing and monitoring patients in critical condition.

Keywords: point-of-care testing, monitoring, intensive care.

ВВЕДЕНИЕ

Основной моделью лабораторной диагностики и мониторинга в интенсивной терапии является проведение анализов в условиях централизованной лаборатории, в которой большинство исследований полностью автоматизированы. Однако широкое распространение концепции пациентоориентированности и явные недостатки данной модели диагностики ставят под сомнение эффективность лабораторного мониторинга в условиях

Прибор	Производитель	Объем крови (мкл)	Время анализа, (сек)	Определяемые показатели
i-STAT	Abbott Diagnostics, Abbott Park IL	65 or 95	90-140	pO ₂ , pCO ₂ , pH, Na ⁺ , K ⁺ , Ca ²⁺ , Cl ⁻ , Hct, мочевины, глюкоза, лактат, креатинин
AVL OMNI	AVL Scientific	40-161	60-90	pO ₂ , pCO ₂ , pH, Na ⁺ , K ⁺ , Ca ²⁺ , Cl ⁻ , Hct, мочевины, глюкоза, лактат, креатинин
AVL OPTI	AVL Scientific	125	<120	pO ₂ , pCO ₂ , pH, Na ⁺ , K ⁺ , Ca ²⁺ , Cl ⁻ , Hb
Rapid Lab 800 series	Bayer Diagnostics, Norwood, MA	140-175	85	pO ₂ , pCO ₂ , pH, Na ⁺ , K ⁺ , Ca ²⁺ , Cl ⁻ , глюкоза, лактат
IRMA SL (series 2000)	Agilent Technologies, St Paul, MN	125	90	pO ₂ , pCO ₂ , pH, Na ⁺ , K ⁺ , Ca ²⁺ , Hct
HemoCue B-Hemoglobin	HemoCue, Mission Viejo, CA	10	45-60	Hb
Gem Premier 3000, 3001	Instrumentation Laboratory Lexington, MA	135	<120	pO ₂ , pCO ₂ , pH, Na ⁺ , K ⁺ , Ca ²⁺ , Hct, глюкоза, лактат
Stat Profile M/M7+	Nova Biomedical	85-190	78-108	pO ₂ , pCO ₂ , pH, SO ₂ %, Na ⁺ , K ⁺ , Ca ²⁺ , Mg ²⁺ , Cl ⁻ , Hct, мочевины, глюкоза, лактат, креатинин
Nova series (16)	Nova Biomedical	385	85	Na ⁺ , K ⁺ , Cl ⁻ , Hct, EtCO ₂ , Hct, мочевины, глюкоза, креатинин
ABL 700 series+	Radiometer, Westlake, OH	55-195	80-135	pO ₂ , pCO ₂ , pH, Na ⁺ , K ⁺ , Ca ²⁺ , Cl ⁻ , глюкоза, лактат
ABL 70 Series	Radiometer	<180	<60	pO ₂ , pCO ₂ , pH, Na ⁺ , K ⁺ , Ca ²⁺ , Hct
YSI 2300 Stat Plus	Yellow Springs Instrument, Yellow Springs, OH	25	45	глюкоза, лактат
Stat profile pHOX	Nova Biomedical, Waltham, MA	40-70	45	pO ₂ , pCO ₂ , pH, SO ₂ %, Hct, Hb

Таблица 1. Характеристика приборов, работающих по принципу "Point-of-care testing"

одной централизованной лаборатории для пациентов, находящихся в отделение интенсивной терапии [1]. Поэтому для пациентов в критическом состоянии в настоящее время все чаще рассматриваются альтернативные модели технологии «на месте оказания медицинской помощи» ("Point-of-care testing", PoCT) [2].

КОНЦЕПЦИЯ "POINT-OF-CARE TESTING"

Концепция "Point-of-care testing" определяется как тестирование у койки пациента непосредственно в момент оказания медицинской помощи и/или диагностического поиска. Цель "Point-of-care testing" — предоставить немедленную информацию о состоянии пациента, интегрироваться в принятие решения о тактике лечения и осуществлять лабораторный мониторинг эффективности проводимой терапии [3].

Аналитические приборы PoCT широко варьируются и могут быть классифицированы как «транспортировочные», «переносные» и «карманные» в зависимости от формата платформы. В таблице 1 представлены основные характеристики современных анализаторов.

ПРЕИМУЩЕСТВА ТЕХНОЛОГИЙ "POINT-OF-CARE TESTING"

Основные преимущества и недостатки концепции PoCT приведены в таблице 2.

Главным неоспоримым преимуществом PoCT является высокая скорость выполнения лабораторных тестов [4]. К примеру, согласно результатам анализа Шведского регистра SWEDENHEART 2012, ключевым предиктором выживания пациентов с острым коронарным синдромом является временной показатель «симптом-баллон» — время от начала заболевания до восстановления кровотока в инфаркт-зависимой артерии. Оно включает в себя как время,

Преимущества	Недостатки
• сокращение времени выполнения анализа и быстрое получение результатов	• неоднозначность вопросов точности и объективности анализов
• доступность данных	• дополнительная подготовка специалистов
• снижение частоты преаналитических и постаналитических ошибок	• высокая стоимость анализа по сравнению с традиционной лабораторной диагностикой
• автономные и портативные приборы	
• небольшой объем биологического материала для анализа	
• возможность тестирования разных биологических образцов (кровь, слюна, моча)	
• удобство для персонала	

Таблица 2. Преимущества и недостатки технологий "Point-of-Care testing"

Лабораторный тест	Время анализа, минуты		Различие, мин (%)
	Центральная лаборатория	РоСТ	
Клинический анализ мочи	40	4	-36 (90 %)
Хорионический гонадотропин в моче	78	5	-73 (94 %)
Глюкоза крови	10	6	-4 (60 %)
Кардиальные маркеры в крови	110	17	-93 (85 %)
Усредненное значение	59,5	8	-51,5 (87 %)

Таблица 3. Среднее время выполнения лабораторных тестов в центральной лаборатории и при использовании технологий РоСТ

связанное с реакцией больного на болезнь, так и время, характеризующее организацию медицинской помощи. Оптимальным данный показатель считается не более 150 минут. Однако среднее время ожидания только результатов лабораторных тестов врачами интенсивной терапии и кардиологами составляет 29—235 минут [5, 6]. При этом в зависимости от используемого прибора, типа и количества тестов время анализа цельной крови в условиях технологии РоСТ может варьироваться от 15 секунд до 2 минут 20 секунд (таблица 1 и 3) [7].

Сокращение времени получения анализа способствует раннему старту целевой терапии, своевременности оперативного вмешательства, что особенно актуально для пациентов в критическом состоянии.

Второе преимущество РоСТ — снижение преаналитических и постаналитических ошибок. Традиционные методы лабораторного тестирования включают в себя несколько преаналитических этапов. С увеличением этапности диагностического процесса увеличивается и вероятность ошибок [1]. Наиболее частые преаналитические и постаналитические ошибки, связанные с работой центральной лаборатории, перечислены в таблице 4.

Отсроченное выполнение анализа предоставляет результаты, которые уже не отражают фактического состояния пациента, что особенно важно для анализа газов крови, рН и глюкозы. Выполнение тестов непосредственно у постели больного минимизирует как преаналитические, так и постаналитические ошибки,

Преаналитические ошибки	Постаналитические ошибки
• загрязнение образца	• ошибочные результаты анализа
• разрушение образца из-за задержек в выполнении анализа или доставки в центральную лабораторию	• ошибки при регистрации результатов анализа пациента
• дефекты забора материала	• потерянные данные
• неправильная маркировка образца пациента	• результаты уже не отражают фактического состояния пациента в критическом состоянии

Таблица 4. Преаналитические и постаналитические дефекты центральной лаборатории

в связи с отсутствием задержек во времени для транспортировки и снижением количество персонала, контактирующего с образцами крови пациентов.

Современные инструменты РоСТ удобны для специалистов нелабораторного профиля, так как снабжены экранными инструкциями и пошаговым алгоритмом действия. Большинство РоСТ-устройств характеризуются простым техническим обслуживанием, поскольку они автономны, используют легкозаменяемые одноразовые тестовые картриджи.

Очевидным преимуществом РоСТ является также небольшой объем исследуемого биологического материала, необходимого для проведения теста. Пациенты потенциально теряют 25—125 мл крови ежедневно, или до 944 мл крови за один эпизод госпитализации в отделении реанимации и интенсивной терапии [8]. Это обусловлено потребностью в мониторинге показателей и оценке динамики пациентов с органическими дисфункциями, метаболическим ацидозом и/или обширным хирургическим вмешательством. Частый забор материала для лабораторных исследований может привести к необоснованной трансфузии компонентов крови и, разумеется, повлечь осложнения. Технологии РоСТ способны обеспечить минимальную потерю крови (до 40 мкл) в зависимости от используемой аппаратуры и тестов [9, 10].

■ НЕДОСТАТКИ ТЕХНОЛОГИЙ POINT-OF-CARE TESTING

Среди основных спорных вопросов — точность и объективность анализа. К примеру, насколько лекарственные препараты, инфузионная терапия и средства для парентерального питания способны влиять на работу прибора. Несмотря на то, что исследования [11, 12] демонстрируют достаточную объективность и точность анализов РоСТ, сравнимую с результатами центральной лаборатории, точность «карманных» устройств остается спорным. Установлено, что высокое или низкое парциальное давление кислорода в крови, содержание гематокрита и рН прямо коррелирует с высоким или низким уровнем глюкозы, полученным на «карманных» устройствах [13, 14].

Поскольку анализы, согласно РоСТ-концепции, должны выполняться специалистами нелабораторного профиля, встает вопрос о необходимости специальной подготовки персонала. Исследования показали, что измерения, полученные специалистами отделений реанимации и интенсивной терапии с надлежащей подготовкой, могут быть такими же точными, как и результаты, полученные специалистами лабораторного профиля [15].

Неоднозначным является вопрос об экономической рентабельности РоСТ. Источники свидетельствуют о том, что стоимость РоСТ-анализов может быть как меньше, больше, так и не иметь разницы по сравнению с централизованными лабораториями [16—18]. Хотя на первый взгляд кажется, что применение РоСТ-технологий дороже централизованных лабораторий. Также существует мнение, что РОСТ-концепция способна сократить продолжительность пребывания пациента в отделении

реанимации и стационаре [19, 20]. А применение PoCT в операционной является экономически выгодным для оценки системы гемостаза и управления трансфузионной программой [21–23]. В некоторых случаях, таких как определение паратиреоидного гормона при операции на паращитовидной железе, только скорость получения анализа играет ключевую роль в вопросах экономии операционного времени и сокращения продолжительности госпитализации [19].

■ БУДУЩЕЕ POINT-OF-CARE TESTING

Конечно, наиболее важным направлением, на которое стоит обратить внимание, — это повышение точности, производительности и надежности инструментов

PoCT. Поэтому важно, чтобы персонал, который непосредственно работает с оборудованием, имел четкое представление о его возможностях и ограничениях, регулярно повышал квалификацию [24]. Недопустимым считается приоритет скорости в ущерб точности и объективности анализа.

■ ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Несмотря на то, что технологии "Point-of-care testing" на сегодняшний день не способны заменить централизованные лаборатории, они уверенно занимают определенную нишу и будут играть более активную роль в вопросах диагностики и мониторинга пациентов в критическом состоянии. ■

ЛИТЕРАТУРА / REFERENCES

1. Jones CHD, Glogowska M, Locock L, Lasserson DS. Embedding new technologies in practice – a normalization process theory study of point of care testing. *BMC Health Services Research*. 2016;(16):591. doi:10.1186/s12913-016-1834-3. PMC5070078
2. Louie RF, Tang Z, Sutton DV, Lee JH, Kost GJ. Point-of-care testing: effects of critical care variables, influence of reference instruments, and a modular glucose meter design. *Arch Pathol Lab Med*. 2000;(124):257–266. doi: 10.1043/0003-9985(2000)124<0257:POCGT>2.0.CO;2. PMID: 10656736
3. Kost GJ, Sakaguchi A, Curtis C, Tran NK, Katip P, Louie RF. Enhancing crisis standards of care using innovative point-of-care testing. *American journal of disaster medicine*. 2011;6(6):351-368. PMID: 22338316
4. Kilgore ML, Steindel SJ, Smith JA. Evaluating stat testing options in an academic health center: turnaround time and staff satisfaction. *Clin Chem*. 1998;(44):1597–1603. PMID: 9702944
5. Toulon P, Ozier Y, Ankri A, Fleron MH, Leroux G, Samama C. Point-of-care versus central laboratory coagulation testing during haemorrhagic surgery. A multicenter study. *Thromb Haemost*. 2009;101(2):394–401. PMID: 19190827
6. Annual report SWEDHEART 2012. *Scand Cardio-vasc J*. 2014;48(suppl 63):2–133. doi: 10.3109/14017431.2014.931551
7. Menees DS, Peterson ED, Wang Y, Curtis JP, Messenger JC, Rumsfeld JS, Gurm HS. Door-to-Balloon Time and Mortality among Patients Undergoing Primary PCI. *N Engl J Med*. 2013;(369):901–909. doi: 10.1056/NEJMoa1208200. PMID: 24004117
8. Peruzzi WT, Parker MA, Lichtenthal PR, Cochran-Zull C, Toth B, Blake M. A clinical evaluation of a blood conservation device in medical intensive care unit patients. *Crit Care Med*. 1993;(21):501–506. PMID: 8472567
9. Chernow B. Blood conservation in critical care: the evidence accumulates. *Crit Care Med*. 1993;(21):481–482. PMID: 8472562.
10. Curtis CM, Kost GJ, Louie RF, Sonu RJ, Ammirati EB, Sumner S. Point-of-care hematology and coagulation testing in primary, rural emergency, and disaster care scenarios. *Point of care*. 2012;11(2):140–145. doi:10.1097/POC.0b013e31825a9d3a. PMID: 23843728
11. Wahr JA, Lau W, Tremper KK, Hallock L, Smith K. Accuracy and precision of a new, portable, handheld blood gas analyzer, the IRMA. *J Clin Monit*. 1996;(12):317–324. PMID: 8863112
12. Karmali KN, Brown T, Sanchez T, Long T, Persell SD. Point-of-care testing to promote cardiovascular disease

- risk assessment: A proof of concept study. *Preventive Medicine Reports*. 2017;(7):136–139. doi:10.1016/j.pmedr.2017.05.016. PMID: 28660121
13. Tang Z, Lee JH, Louie RF, Kost GJ. Effects of different hematocrits on glucose measurements with handheld meters for point-of-care testing. *Arch Pathol Lab Med*. 2000;124(8):1135–40. doi: 10.1043/0003-9985(2000)124<1135:EODHLO>2.0.CO;2. PMID: 10923072
14. Tang Z, Du X, Louie RF, Kost GJ. Effects of pH on glucose measurements with handheld glucose meters and portable glucose analyzer for point-of-care testing. *Arch Pathol Lab Med*. 2000;(124):577–582. doi: 10.1043/0003-9985(2000)124<0577:EOPOGM>2.0.CO;2. PMID: 10747316
15. Louie RF, Sumner SL, Belcher S, Mathew R, Tran NK, Kost GJ. Thermal Stress and Point-of-Care Testing Performance: Suitability of Glucose Test Strips and Blood Gas Cartridges for Disaster Response. *Disaster medicine and public health preparedness*. 2009;3(1):13–17. doi:10.1097/DMP.0b013e3181979a06. PMC2717087. PMID: 19293739
16. Kilgore ML, Steindel SJ, Smith JA. Cost analysis for decision support: the case of comparing centralized versus distributed methods for blood gas testing. *Journal of Healthcare Management*. 1999;(44):207–215. PMID: 10537498
17. Halpern MT, Palmer CS, Simpson KN, Chesley FD, Luce BR, Suyderhoud JP, Neibauer BV, Estafanos FG. The economic and clinical efficiency of point-of-care testing for critically ill patients: a decision-analysis model. *Am J Medical Qual*. 1998;(13):3–12. doi: 10.1177/106286069801300102. PMID: 9509589
18. De Cresce RP, Phillips DL, Howanitz PJ. Financial justification of alternate site testing. *Arch Pathol Lab Med*. 1995;(119):898–901. PMID: 7487386
19. Zagidullin NS, Dunayeva AR, Plechev VV, Gilmanov AZ, Zagidullin SZ, Er F, Pavlov VN. Nephroprotective effects of remote ischemic preconditioning in coronary angiography. *Clinical Hemorheology and Microcirculation*. 2017;65(3):299–307. doi: 10.3233/CH-16184. PMID: 27814282
20. Collinson PO. The need for a point of care testing: an evidence-based appraisal. *Scand J Clin Lab Invest*. 1999;59(suppl 230):67–73. PMID: 10389204
21. Timerbulatov VM, Timerbulatov SV, Sagitov RB, Sultanabaev AU, Asmanov DI. Diagnostics of the intestine ischemic damages in some acute surgical diseases of abdominal cavity. *Creative surgery and oncology*. 2017;7(3):12–19. doi:10.24060/2076-3093-2017-7-3-12-19
22. Depotis GJ, Santoro SA, Spitznagel E, Kater KM, Cox JL, Barnes P, Lappas DG. Prospective evaluation and clinical utility of on-site monitoring of coagulation in patients

undergoing cardiac operation. *J Thorac Cardiovasc Surg.* 1994;(107):271—279. PMID: 8283896

23. Leontyev S, Leonteva NV, Dmitrieva Ya, Davierwala P., Borger MA. Early and late outcome after repaired aortic valve surgery — the single centre experience of heart center Leipzig

(Germany). *Creative surgery and oncology.* 2017;7(3):4—12. doi:10.24060/2076-3093-2017-7-3-4-12

24. Kehrler JP, James DE. The Role of Pharmacists and Pharmacy Education in Point-of-Care Testing. *American Journal of Pharmaceutical Education.* 2016;80(8):129. doi:10.5688/ajpe808129. PMID: 27899825

■ Участие авторов

Концепция и дизайн исследования: Рахматуллина И.Р.

Анализ литературы, написание текста и его редактирование: Золотухин К.Н., Самородов А.В.

Конфликт интересов отсутствует.

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

Рахматуллина И.Р. — д.м.н., профессор, проректор по научной и инновационной работе Башкирского государственного медицинского университета.
E-mail: i.r.rakhmatullina@gmail.com

Золотухин К.Н. — к.м.н., заведующий отделением АРО1 ГБУЗ РКБ им. Г.Г. Куватова.
E-mail: lkbros5@mail.ru

Самородов А.В. — к.м.н., врач анестезиолог-реаниматолог АРО1 ГБУЗ РКБ им. Г.Г. Куватова.
E-mail: AVSamorodov@gmail.com

INFORMATION ABOUT AUTHORS

Rakhmatullina IR — PhD, Professor, Vice-Rector for Research and Innovation of Bashkir State Medical University.
E-mail: i.r.rakhmatullina@gmail.com

Zolotukhin KN — PhD, Chief of ICU & Anesthesiology Department, State Republic Hospital n.a. G.G. Kuvatov.
E-mail: lkbros5@mail.ru

Samorodov AV – PhD, Department of ICU & Anesthesiology, State Republic Hospital n.a. G.G. Kuvatov.
E-mail: AVSamorodov@gmail.com

■ Контактная информация

Самородов Александр Владимирович
Адрес: а/я 1314, ул. Ленина 28, г. Уфа, Россия, 450000.
Телефон: +7 (905) 006 03 85
E-mail: AVSamorodov@gmail.com

■ Contact information

Samorodov Aleksandr Vladimirovich
Address: mailbox 1314, 28 Lenina st., Ufa, Russia, 450000.
Phone: +7 (905) 006 03 85
E-mail: AVSamorodov@gmail.com