

Методические аспекты информативности некоммутабельных лабораторных исследований биологических аналитов при судебно-биологической экспертизе

В. Л. Сидоров^{1,2}, О. Д. Ягмуров¹, К. Т. Момыналиев², И. В. Бируля³

¹ СПб ГБУЗ «Бюро судебно-медицинской экспертизы», Санкт-Петербург, Россия

² ФГБУ «Всероссийский научно-исследовательский и испытательный институт медицинской техники» Федеральной службы по надзору в сфере здравоохранения, Москва, Россия

³ ФГБОУ ВО «Первый Санкт-Петербургский государственный медицинский университет имени академика И. П. Павлова» Минздрава России, Санкт-Петербург, Россия

РЕЗЮМЕ

В статье представлены результаты методических решений для объективизации критериев достоверности лабораторных исследований биологических материалов, выделенных из «вещественных доказательств» при судебно-биологической экспертизе, т. е. не коммутируемых для традиционных лабораторных технологий. Исследование выполнено на примере динамики содержания общего простатического специфического антигена спермы волонтеров в лабораторной модели, где в качестве тканевой основы «вещественных доказательств» использована марля, а концентрация ПСА определялась методом ИФА. Критерии достоверности результатов лабораторных исследований базируются на принципах внутрилабораторного контроля качества.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: ПСА_{общ}, ИФА, стабильность, вещественные доказательства, контроль качества.

КОНФЛИКТ ИНТЕРЕСОВ. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Methodological aspects of the informativeness of non-commutable laboratory studies of biological analytes in the course of forensic biological examination

V. L. Sidorov^{1,2}, O. D. Yagmurov¹, K. T. Momynaliev², I. V. Birulya³

¹ St. Petersburg State Budgetary Healthcare Institution Bureau of Forensic Medical Examination, St. Petersburg, Russia

² All-Russian Scientific Research and Testing Institute of Medical Technology of the Federal Service for Healthcare Supervision, Moscow, Russia

³ Academician I. P. Pavlov First St. Petersburg State Medical University, St. Petersburg, Russia

SUMMARY

The article presents the results of methodological decisions for objectifying criteria for the reliability of laboratory studies of biological materials isolated from "material evidence" during forensic biological examination, i.e. not commutable for traditional laboratory technologies. The study was performed using the example of the dynamics of the content of total prostate-specific antigen in volunteers' sperm in a laboratory model, where gauze was used as the tissue basis of "material evidence", and the concentration of total PSA was determined by ELISA. The criteria for the reliability of laboratory test results are based on the principles of in-laboratory quality control.

KEYWORDS: total PSA, ELISA, stability, material evidence.

CONFLICT OF INTEREST. The authors declare no conflict of interest.

Введение

При совершении преступлений сексуального характера против личности самым информативным видом исследования является установление наличия спермы на вещественных доказательствах. Для установления наличия спермы используют ориентировочные (предварительные) и доказательные (подтверждающие) технологии [1,2,3].

В практике судебно-биологической экспертизы, наряду с спектральными [4,5,6] и молекулярно-генетическими [7,8,9] технологиями для поиска спермы в следах на вещественных доказательствах, сохраняют свою актуальность

предусмотренные нормативными протоколами и стандартами иммунологические методы, основанные на обнаружении простатического специфического антигена, в частности, методом иммуноферментного анализа [10] и иммунохроматографическими методиками [11,12,13].

Простатический специфический антиген человека является белком, который продуцирует только человеческая простата. Это обстоятельство позволяет использовать его для обнаружения спермы и, одновременно, установления ее видовой принадлежности [14]. Указанный антиген присутствует в семенной жидкости даже в случаях полной

азооспермии, что позволяет доказательно устанавливать наличие спермы на вещественных доказательствах в тех случаях, когда морфологическими методами этот факт установить невозможно.

Целью наших исследований было адаптировать традиционные принципы контроля качества в лабораторной медицине к исследованиям некоммутабельных биологических материалов, рассматриваемых как «вещественные доказательства» при судебно-биологической экспертизе.

Методология

Исследование выполнено на примере динамики содержания простатического специфического антигена спермы пяти волонтеров на протяжении трех суток в лабораторной модели с применением марли как имитатора бытовой ткани. Исследовано пятнадцать проб экстрактов биоматериала с исходно смоделированными тремя уровнями концентраций ПСА в течение трех суток, при хранении их в бытовом холодильнике (+4–5 °C).

Дизайн исследования: цельную сперму пяти волонтеров с «высокой» концентрацией ПСА, а также сперму, разведенную в дистиллированной воде в пропорции 1+1, принятую как «средняя» концентрация ПСА, и разведенную в пропорции 1+19 («низкая» концентрация ПСА), помещали на стерильную марлю (0,5 см x 0,5 см) в объеме 1 мкл, после чего высушивали при температуре 18–20 °C в течение 3–4 часов. Затем исследуемые образцы экстрагировали 100 мкл дистиллированной воды при температуре +4–5 °C в течение 18 часов. Экстракт делили на шесть порций для каждого уровня концентрации и выдерживали при температуре +4–5 °C в течение 3 дней. Концентрацию ПСА во всех экстрактах измеряли методом ИФА дважды в день в течение трех суток. Использовали тест-набор «ОнкоИФА – общий ПСА» ООО Алкор-Био. Отмывание от несвязавшихся компонентов реакции проводили на автоматическом вошере «Hydro FLEX» фирмы «TECAN». Учет результатов осуществлялся – с помощью ридера «Infinite F50» фирмы «TECAN». Статистический анализ включал вычисление CV% в серии и между сериями, а также процент потери концентрации ПСА при хранении образца.

Результаты

Исходная концентрация ПСА в представленной модели составила: 29,3±0,16 нг/мл – «высокая»; 17,7±0,26 нг/мл – «средняя» и 7,3±0,12 нг/мл – «низкая». За трехдневный срок проведения эксперимента концентрация ПСА в пробах с «низким» содержанием антигена снизилась с 7,3 нг/мл до 4,4 нг/мл (на 39,7%, *рис. 1*) что свидетельствует о нестабильности ПСА при исходно «низких» его концентрациях. Статистически значимые различия степени снижения уровней антигена отмечались при исследовании проб с низкой концентрацией ПСА уже в течение первого дня при измерениях с промежутком 4 часа ($p<0,006$), становились более значимыми на второй ($p<0,001$) и третий день ($p<0,001$). Таким образом, при хранении проб с низкой концентрацией ПСА в бытовом холодильнике

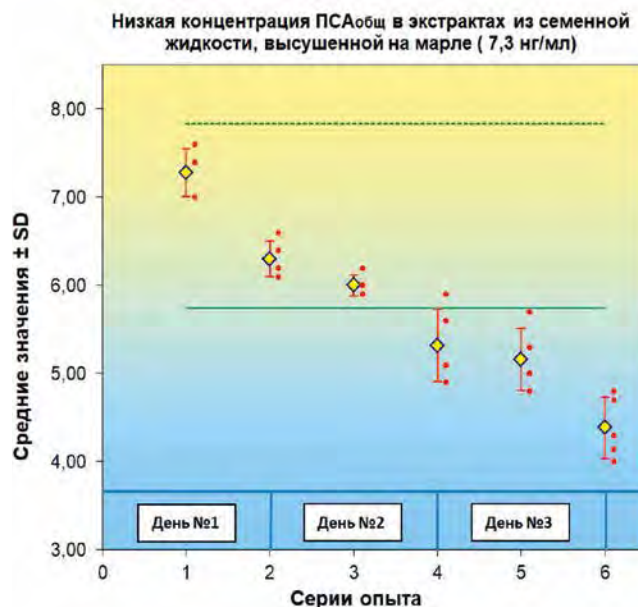


Рисунок 1. Изменения концентрации общего ПСА в образцах с низкими уровнями антигена в течение трех дней наблюдения

даже в течение суток, результаты исследований методом ИФА нельзя использовать при судебно-биологической экспертизе.

При «среднем» и «высоком» исходных уровнях ПСА снижение концентрации отмечалось к утру второго дня ($p<0,035$; $p<0,007$), и усиливалось вечером второго дня ($p<0,001$) и на третий день ($p<0,001$). Концентрация ПСА снижалась с 17,7 нг/мл до 13,1 нг/мл при «среднем» уровне и от 29,3 нг/мл до 24,2 нг/мл – при «высоком» исходном уровне (*рис. 2, 3*).

Результаты измерения проб со средними и высокими уровнями ПСА в динамике в течение первого дня значимо не различались ($p>0,05$). Следовательно, при проведении судебно-медицинских экспертиз вещественных доказательств пробы с вышеуказанными концентрациями можно, в отличие от проб с низким содержанием ПСА.

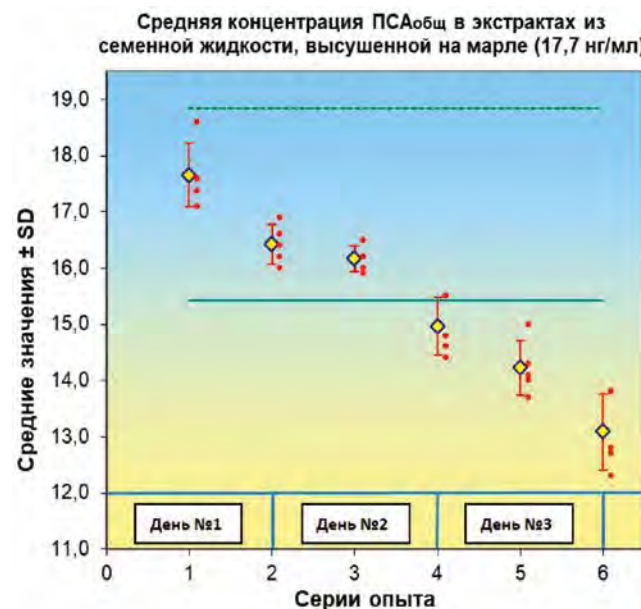


Рисунок 2. Изменения концентрации ПСАобщ в образцах, исходно содержащих средние уровни антигена, в течение трех дней наблюдения

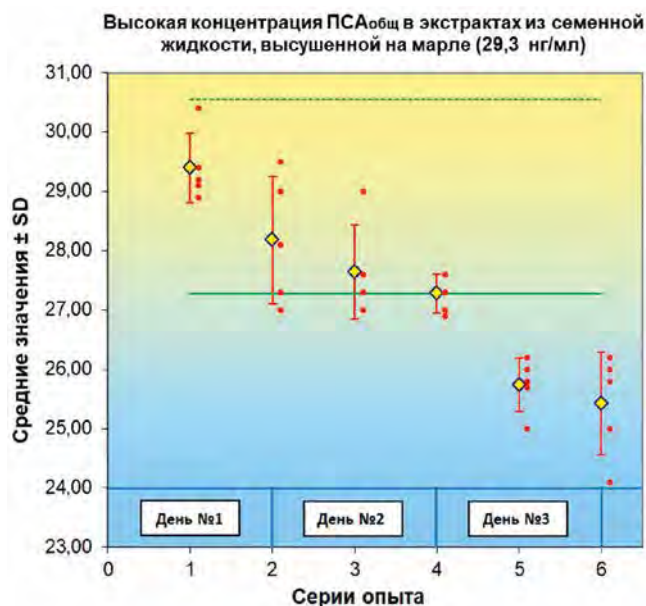


Рисунок 3. Изменения концентрации ПСА_{общ} в образцах, исходно содержащих высокие уровни антигена, в течение трех дней наблюдения

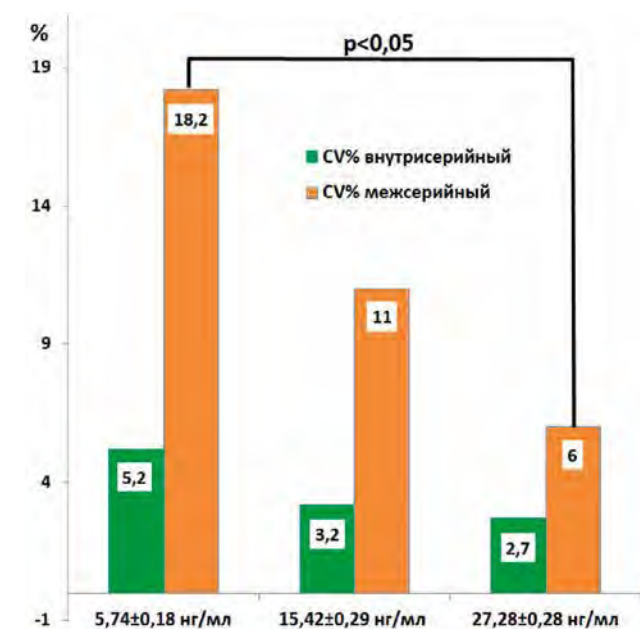


Рисунок 4. CV% внутрисерийный и межсерийный при различных уровнях ПСА_{общ} в течение трех дней

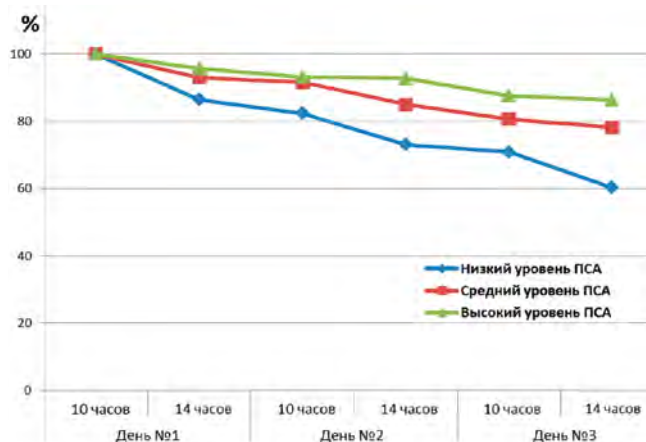


Рисунок 5. Динамика снижения содержания ПСА в пробах с различными его исходными уровнями, в течение трех дней наблюдения

Внутрисерийная воспроизводимость результатов измерений ПСА (CV%) была наиболее высокой при низких и средних уровнях антигена и колебалась от 1,05 до 7,93 % ($p < 0,05$) и от 1,47 до 5,13 % ($p < 0,05$) для каждой серии измерений соответственно. При высоких уровнях ПСА CV% был меньше и находился в диапазоне от 1,15 % до 3,83 % ($p < 0,05$).

Внутрисерийный CV% составил 5,2 % для низких концентраций ПСА, 3,1 % для средних и 2,7 % – для в высоких. Показатель межсерийной воспроизводимости был самым высоким при низком уровне (18,2 %), меньше – при среднем уровне (11,1 %) и еще ниже – при высоком уровне антигена (6,0 %). Значимые различия выявлены между величинами межсерийной воспроизводимости при низком и высоком уровнях ПСА ($p < 0,005$), что отражено на рисунке 4.

Содержание ПСА к 10 часам второго дня уменьшилось до 93,2 % от исходного значения при высоких, до 91,6 % при средних и до 82,4 % при низких концентрациях. К 14 часам третьего дня концентрация ПСА составила 86,4 %, 78,2 % и 60,3 %, соответственно (рис. 5).

Выводы

Таким образом, содержание ПСА в водных экстрактах семенной жидкости, высушенной на марле при комнатной температуре, наиболее значимо снижается в пробах с низким уровнем ПСА: в течение трех дней на 39,7 %, в течение двух дней – на 26,9 %, в течение одного дня – на 13,5 % при хранении исследуемых проб при температуре +4°C. Снижение содержания ПСА в динамике при высоких и средних его исходных концентрациях проявляется в меньшей степени, однако при поиске следов спермы на вещественных доказательствах, когда заранее неизвестно содержание исследуемого анализата, необходимо исследовать биоматериал как можно скорее. В любом случае экспертная тактика при установлении наличия спермы в пятнах, следах и участках на вещественных доказательствах по наличию в исследуемых водных вытяжках ПСА_{общ} должна сводиться к тому, чтобы определить его содержание (концентрацию) в течение первых суток. Спустя двое суток исследование, а в течение первых суток достоверно и является ценным для судебно-биологической экспертизы. После установления содержания ПСА в исследуемом материале можно принять решение – какие пробы подлежат хранению, а какие хранить нежелательно. Материал с низкими концентрациями ПСА хранить не рекомендуется, а нужно сразу использовать для проведения молекулярно-генетической либо

Список литературы/References

1. Sterzik V., Hinderberger P., Panzer S., Bohnert M. Visualizing old biological traces on different materials without using chemicals. *Int. J. Legal. Med.* 2018; 132 (1): 36–41.
2. Douglas H., Fraser I., Davidson G., Murphy C., Gorman C., Boyce M., Doole S. Assessing the background levels of body fluids on hands // *Sci. Justice.* 2023; 63 (4): 493–499.
3. Taylor A., Davidson G., Boyce M., Murphy C., Doole S., C. Rogers, Fraser I. Background levels of body fluids and DNA on the shaft of the penis and associated underpants in the absence of sexual activity. *Sci. Justice.* 2023; 63 (4): 529–536.
4. Alkhuder K. Attenuated total reflection-Fourier transform infrared spectroscopy: a universal analytical technique with promising applications in forensic analyses. *Int. J. Legal. Med.* 2022; 136. (6): 1717–1736.
5. Takamura A., Ozawa T. Recent advances of vibrational spectroscopy and chemometrics for forensic biological analysis. *Analyst.* 2021; 6:146 (24): 7431–7449.

6. Davidovics R., Saw Y. L., Brown C. O., Prinz M., McKiernan H. E., Danielson P. B., Legg K. M. High-throughput seminal fluid identification by automated immunoaffinity mass spectrometry. *J. Forensic Sci.* 2022; 67 (3): 1184–1190.
7. Peters K. S., Swaminathan H., Sheehan J., Duffy K. R., Lun D. S., Grgicak C. M. Production of high-fidelity electrophoregrams results in improved and consistent DNA interpretation: Standardizing the forensic validation process. *Forensic Sci. Int. Genetic.* 2017; 31: 160–170.
8. O'Leary K. R., Glynn C. L. Investigating the isolation and amplification of microRNAs for forensic body fluid identification. *Microna.* 2018; 7 (3): 187–194.
9. Mayes C., Houston R., Seashols-Williams S., LaRue B., Hughes-Stamm S. The stability and persistence of blood and semen mRNA and miRNA targets for body fluid identification in environmentally challenged and laundered samples. *Leg. Med. (Tokyo).* 2019; 38: 45–50.
10. Jonson E. D., Kotowski T. M. Detection of prostate specific antigen by ELISA. *J. Forensic Sci.* 1993; 38 (2): 250–258.
11. Feine I., Gafny I., Pinkas R. Combination of prostate-specific antigen detection and micro-Raman spectroscopy for confirmatory semen detection. *Forensic Sci. Int.* 2017; 270: 241–247.
12. Basset P., Blandin P., Grini A., Delemont S., Samie L., Castella V. A simplified protocol for the detection of blood, saliva, and semen from a single biological trace using immunochromatographic tests. *Forensic Sci. Med. Pathol.* 2022; 18 (2): 141–148.
13. Egger S., Vöhringer C., Währer J., Schulz I. Technical note: Comparison of forensic swabs for intravaginal sampling. *Sci Justice.* 2022; 62 (4): 418–423.
14. Kamenev L., Leclercq M., Francois-Gerard C. An enzyme immunoassay for prostate-specific p30 antigen detection in postcoital vaginal tract. *J. Forensic Sci. Soc.* 1989; 29 (4): 233–241.

Статья поступила / Received 05.09.2025

Получена после рецензирования / Revised 09.09.2025

Принята в печать / Accepted 12.09.2025

Сведения об авторах

Сидоров Владимир Леонидович, к.б.н., судебный эксперт судебно-биологического отделения¹, научный сотрудник научно-практического центра испытаний медицинских изделий. E-mail: v.l.sidorov60@gmail.com. ORCID: 0000-0002-2214-895X

Ягмуров Оразмурад Джумаевич, д.м.н., профессор, начальник¹. E-mail: oraz.yagmurov@gmail.com. ORCID: 0000-0002-0200-8474

Момыналиев Куват Темиргалиевич, д.б.н., доцент, руководитель Научно-практического центра испытаний медицинских изделий². E-mail: KMomynaliev@vniimrt.ru. ORCID: 0000-0003-4656-1025

Бируля Ирина Вацлавовна, к.м.н., доцент кафедры клинической лабораторной диагностики с курсом молекулярной медицины³. E-mail: irina_bir@bk.ru. ORCID: 0009-0005-9994-0522

¹ СПб ГБУЗ «Бюро судебно-медицинской экспертизы», Санкт-Петербург, Россия

² ФГБУ «Всероссийский научно-исследовательский и испытательный институт медицинской техники» Федеральной службы по надзору в сфере здравоохранения, Москва, Россия

³ ФГБОУ ВО «Первый Санкт-Петербургский государственный медицинский университет имени академика И.П. Павлова» Минздрава России, Санкт-Петербург, Россия

Автор для переписки: Сидоров Владимир Леонидович. E-mail: v.l.sidorov60@gmail.com

About authors

Sidorov Vladimir L., PhD Bio, forensic expert of the Forensic Biology Dept¹, research fellow at Scientific and Practical Center for Testing Medical Devices. E-mail: v.l.sidorov60@gmail.com. ORCID: 0000-0002-2214-895X

Yagmurov Orazmurad D., Dr Bio Sci (habil.), professor, head¹. E-mail: oraz.yagmurov@gmail.com. ORCID: 0000-0002-0200-8474

Momynaliev Kuwat T., Dr Bio Sci (habil.), associate professor, head of Scientific and Practical Center for Testing Medical Devices². E-mail: KMomynaliev@vniimrt.ru. ORCID: 0000-0003-4656-1025

Birulya Irina V., PhD Med, associate professor at Dept of Clinical Laboratory Diagnostics with a Course in Molecular Medicine³. E-mail: irina_bir@bk.ru. ORCID: 0009-0005-9994-0522

¹ St. Petersburg State Budgetary Healthcare Institution Bureau of Forensic Medical Examination, St. Petersburg, Russia

² All-Russian Scientific Research and Testing Institute of Medical Technology of the Federal Service for Healthcare Supervision, Moscow, Russia

³ Academician I. P. Pavlov First St. Petersburg State Medical University, St. Petersburg, Russia

Corresponding author: Sidorov Vladimir L. E-mail: v.l.sidorov60@gmail.com

Для цитирования: Сидоров В.Л., Ягмуров О.Д., Момыналиев К.Т., Бируля И.В. Методические аспекты информативности некоммутабельных лабораторных исследований биологических аналитов при судебно-биологической экспертизе. *Медицинский алфавит.* 2025; (22): 70–73. <https://doi.org/10.33667/2078-5631-2025-22-70-73>

For citation: Sidorov V. L., Yagmurov O. D., Momynaliev K. T., Birulya I. V. Methodological aspects of the informativeness of non-commutable laboratory studies of biological analytes in the course of forensic biological examination. *Medical alphabet.* 2025; (22): 70–73. <https://doi.org/10.33667/2078-5631-2025-22-70-73>