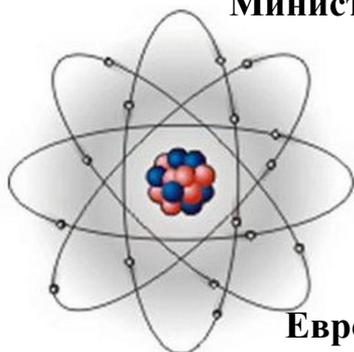


Министерство науки и высшего образования РФ

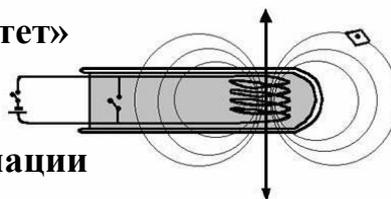


ФГБОУ ВО «Кубанский

государственный университет»

Краснодарский центр

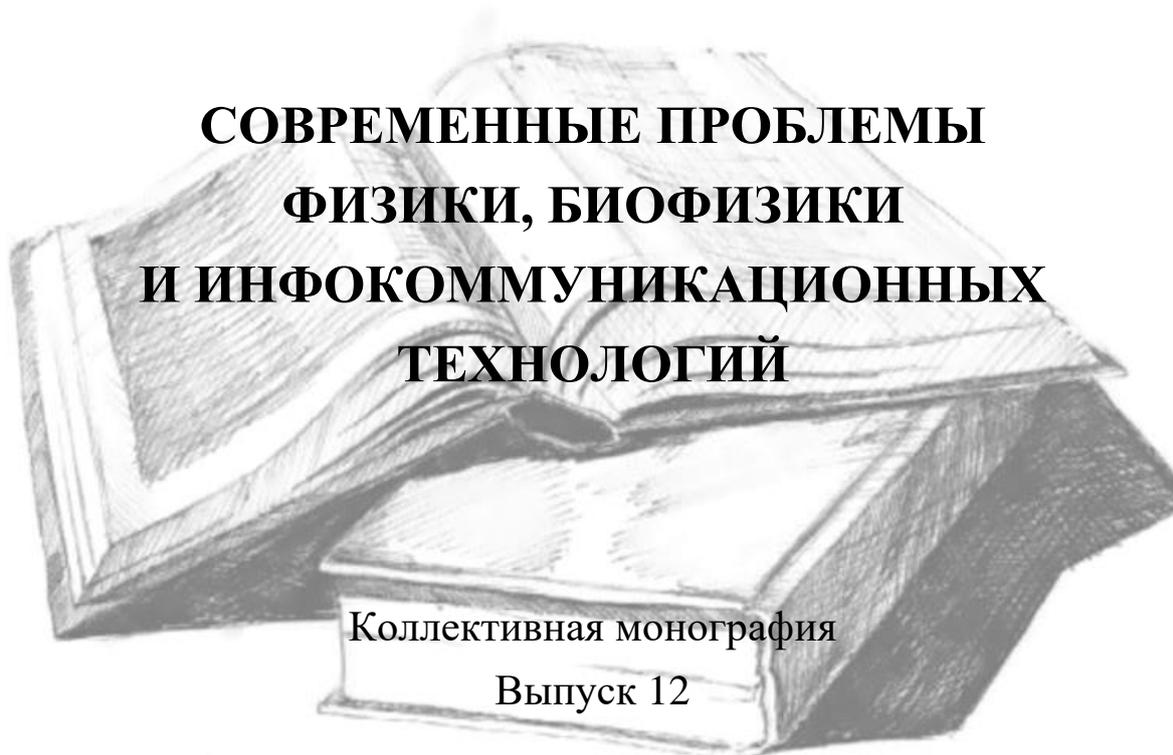
научно-технической информации



Европейская академия естественных наук

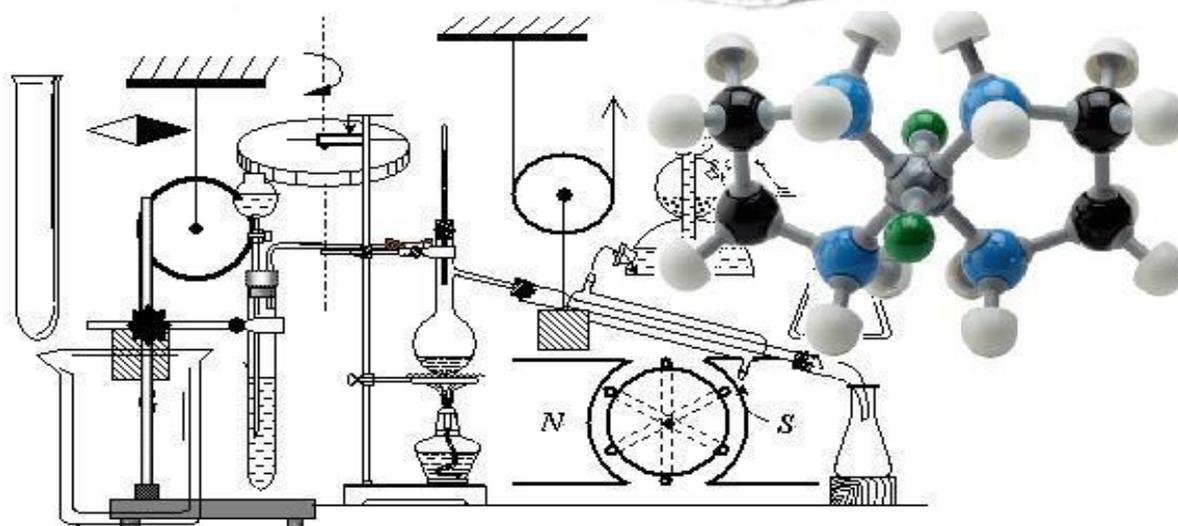
Академия инженерных наук им. А.М. Прохорова

СОВРЕМЕННЫЕ ПРОБЛЕМЫ ФИЗИКИ, БИОФИЗИКИ И ИНФОКОММУНИКАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ



Коллективная монография

Выпуск 12



Краснодар 2022

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МЕТОДОВ МЕДИЦИНСКОЙ ФИЗИКИ ДЛЯ ОПТИМИЗАЦИИ ДИАГНОСТИКИ РАНЕНИЙ (ОБЗОР)

Еремин А.Л.^{1,2}, Богатов Н.М.¹, Григорьян Л.Р.¹, Кленевский А.В.³,
Коваленко М.С.¹, Сеницын А.С.⁴, Шарафалдин Х.Ф.¹

¹ ФГБОУ ВО «Кубанский государственный университет», Краснодар

² НОЧУ ВО «Кубанский медицинский институт», Краснодар

³ ГБУЗ «Клинический онкологический диспансер №1» МЗ КК, Краснодар

⁴ ГБУЗ «Детская краевая клиническая больница» МЗ КК, Краснодар

Аннотация

Статья содержит аналитический обзор применения физических методов визуализации для диагностики огнестрельных и минно-взрывных ранений по современным авторитетным источникам; сравнительный анализ по локализации и физическим характеристикам тканей и поражающих элементов; разработку и синтез проспективной методологии выбора оптимальных методов и устройств медицинской диагностики. В результате разработаны алгоритмы в виде таблицы-матрицы «локализация ранения - физические методы визуализации» для конкретных целей специальной адекватной качественной эффективной диагностики.

Ключевые слова: визуализация, медицинская физика, алгоритм, диагностика, огнестрельные и минно-взрывные ранения.

Введение

За более чем 100-летний период открытия методов, изобретения приборов и применения интроскопии, широко распространились в последнее время виды медико-физической визуализации: рентгенологическое исследование (РИ), ультразвуковое исследование (УЗИ), компьютерная томография (КТ), мультисрезовая компьютерная томография (МСКТ), мультисрезовая

компьютерная ангиография (МСКТА), магнитно-резонансная томография (МРТ) и др. Физики изобрели методы и разработали технику: РИ – В. Рентген, Нобелевская премия 1901; УЗИ - Д. Уальд, 1951; позитронно-эмиссионной томографии (ПЭТ) – Д. Кул, М. Тер-Петросян, 1970-е; КТ – А.Кормак, Г.Хаунсфилд, Нобелевская премия 1979; МРТ – П. Лотербур, П. Мэнсфилд, Нобелевская премия 2003.

Современная медицинская техника, диагностическая аппаратура была приобретена и получила распространение в здравоохранении Краснодарского края. В Кубанском государственном университете ведется подготовка по направлениям медицинский инжиниринг – «биотехнические системы и технологии», «медицинская физика».

Сложно переоценить значение физических методов в диагностике ранений (*vulneratio*) — повреждений тканей и органов, вызванных механическим воздействием. Следует отметить актуальность анализа возможностей территориального здравоохранения в оказании медицинской помощи раненым и в условиях вооруженного конфликта [1]. Многочисленные данные демонстрируют и в мирное время в ряде стран большое количество пострадавших от стрелкового оружия [2].

Однако, в литературе не встречаются аналитические сравнительные всеобъемлющие обзоры по алгоритмам выбора оптимальных (обязательных и вспомогательных) физических методов визуализации для срочной и качественной медицинской диагностики при ранениях разнообразных по анатомической локализации, наличию мягких и костных тканей, металлических и не металлических инородных тел и пр.

По данным глобального анализа за 5 лет в мире регистрировалось 1,04 миллиона убийств, 41 % всех случаев насильственной смерти, причинены огнестрельным оружием [2]. Только в Сирийской Арабской Республики в результате конфликта за 10 лет по данным ООН погибло 350 тысяч [3]. На

примере ряда вооруженных конфликтов соотношение количества погибающих к количеству раненых варьирует от 1:2,2 до 1:4,6 [4].

В связи с этим была поставлена цель: провести сравнительный анализ применения современных физических методов визуализации в диагностике огнестрельных и минно-взрывных ранений (ОиМВР) для разработки алгоритмов выбора оптимальных методов и устройств медицинской диагностики.

Обзор применения методов визуализации в диагностике ОиМВР

Материалы для анализа были взяты из современных авторитетных источников применения физических методов визуализации для диагностики ОиМВР.

Методы: аналитический обзор данных и сравнительный анализ по локализации и физическим характеристикам тканей и поражающих элементов; разработка-синтез проспективной методологии выбора оптимальных методов и устройств медицинской диагностики.

Результаты анализа были классифицированы и систематизированы по взятым за основу параметрам: локализация ОиМВР, физические методы диагностической визуализации обязательные (оптимальные, эффективные, апробированные) и вспомогательные. Полученные результаты представлены в виде табличной матрицы, в которой алгоритмическая последовательность и скорость принятия решений обеспечивается поиском по вертикали – локализации, по горизонтали - определение физического метода интроскопии (Табл. 1).

Таблица 1.

Алгоритм-матрица подбора физического метода визуализации, адекватного для целей специальной качественной эффективной диагностики огнестрельных и минно-взрывных ранений (ОиМВР)

Локализация ОиМВР	Характер повреждений, травм	Обязательные методы визуализации	Вспомогательные методы визуализации	Источник
Голова и головной мозг	Поражение мягких тканей, диффузный отек-набухание головного мозга, кровоизлияние, перелом костей черепа, псевдоаневризмы	КТ, КТ-ангиография, РИ-ангиография	МРТ, МР-ангиография, МР-венография	[5]
Глаза	Инородные тела в глазнице, внутриглазное кровоизлияние	Рентгенография	УЗИ - для распознавания сопутствующих патологических изменений	[6]
	Поражение прозрачными посторонними предметами, травматические изменения мягкотканых структур глазницы (зрительного нерва, экстраокулярных мышц) и ее стенок	КТ		
Челюстно-лицевая область	Множественные оскольчатые переломы костей носа, верхней и нижней челюстей, поражение костных структур лица, множественные сочетанные повреждения головы, лица	КТ	Обзорная рентгенограмма	[7]
Сосуды шеи	Ложная аневризма позвоночной артерии, повреждение позвоночной артерии с тромбозом, тромбоз внутренней яремной вены, повреждения гортани и пищевода	МСКТА - мультисрезовая компьютерная ангиография	_____	[8], [9]
Грудь	Повреждения костного каркаса (рёбер, лопаток, ключиц, грудины), кровеносных сосудов грудной стенки и средостения, ранения и ушибы внутренних органов груди (лёгких и сердца), открытый и напряжённый пневмоторакс, продолжающееся внутриплевральное кровотечение, тампонада сердца, пневмомедиастинум	МСКТ	Обзорная рентгенограмма для предварительного общего представления об объеме повреждений при грудной травме	[10], [11], [12]
Сердце	Повреждение сердца, поражение магистральных сосудов средостения	КТ	Обзорная рентгенограмма	[13]

Позвоночник	Повреждения спинного мозга, его оболочки и корешков, воспалительные изменения - послеоперационный рубцово-спаечный дерматит, дисцит и спондилит	МРТ	КТ	[14]
Живот и таз	Ранение почки, печени, поясничной области, забрюшинная гематома, повреждение поясничной мышцы, абсцесс малого таза после ранения, повреждения позвоночника, прямой кишки, тазовых костей, крестца	МСКТ – мультисрезовая компьютерная томография	УЗИ - для динамического наблюдения за больными	[15], [16]
Нервы конечностей	Поражение периферических нервов	УЗИ	КТ для определения первичной и вторичной баллистики, или МРТ (при отсутствии металлических инородных тел)	[17]
Множественная локализация при взрывных травмах	Влияние избыточного давления в результате взрыва; поражение содержащих воздух структур: легкие, желудочно-кишечный тракт, ухо; взрывная декомпрессия, баротравма, включая разрыв легкого, пневмоторакс и гемоторакс	Рентгенография		[18]
	Жидкости в брюшной полости Паренхиматозное кровотечение	Абдоминальная эхография		[19]
	Комбинированные повреждения нескольких органов, вызванные разлетающимися осколками	КТ	Рентгенография	[19]

По результатам проведенного анализа следует отметить, что в доступной литературе пока не встречаются данные по ряду современных методов визуализации в отношении ОиМВР, а именно: позитронная эмиссионная томография (ПЭТ), однофотонная эмиссионная компьютерная томография (ОФЭКТ), функциональная магнитно-резонансная томография (фМРТ), инфракрасная термография (ИТ), эластография (ЭГ), фотоакустическая визуализация (ФАВ), диффузная оптическая визуализация (ДОВ), электроимпедансная томография (ЭИТ) и др. Это может свидетельствовать как о нераспространенности применения разнообразных физических методов, так и о необходимости дальнейшего накопления опытных результатов эффективно-

сти визуализации в специальных базах данных. Что позволило бы успешно уточнять алгоритмы эффективной диагностики ОиМВР, приобретать и применять соответствующую аппаратуру, совершенствовать новые разработки в медицинской физике. Физические методы визуализации предоставляют дополнительные возможности количественной оценки физических характеристик биологических тканей, что редко используется в медицинской практике, но актуально для доказательной медицины. Например, определение в области ОиМВР плотности поврежденной и отёчной ткани, модуля Юнга кости с помощью КТ [20], температуры внутренних органов с помощью МРТ [21, 22].

Медицинская физика занимается применением концепций и методов физики для профилактики, диагностики и лечения заболеваний человека с конкретной целью улучшения здоровья и благополучия человека. С 2008 года медицинская физика была включена в список медицинских профессий в соответствии с Международной стандартной классификацией профессий (ISCO) Международной организации труда (ILO) [23].

В отделениях медицинской физики больниц формулировка миссии для медицинских физиков, принятая Европейская федерация организаций медицинской физики (EFOMP) заключается в следующем: "Медицинские физики способствуют поддержанию и повышению качества, безопасности и экономической эффективности медицинских услуг посредством деятельности, ориентированной на пациента, требующей экспертных действий, участия или консультаций в отношении спецификации, выбора, приемочных испытаний, ввода в эксплуатацию, обеспечения контроля качества и оптимизации клинического использования медицинских устройств, а также в отношении рисков и защиты пациентов от сопутствующих физических агентов (например, рентгеновских лучей, электромагнитных полей, лазерного излучения, радионуклидов), включая предотвращение непреднамеренного

или случайного облучения; все действия основываются на лучших доказательствах и научных исследованиях" [24, 25].

Представленный аналитический обзор может являться первой попыткой синтеза алгоритмов в условиях: большого количества научных публикаций, разнообразности медицинских случаев и результатов их интроскопий, активно развивающихся разнообразных физических методов и новой аппаратуры медицинской визуализации.

Выводы

Необходима дальнейшая разработка и совершенствование методологических подходов к выбору адекватной интроскопии для своевременной и качественной диагностики ранений.

Разработаны алгоритмы в виде таблицы-матрицы «локализация ранения - физические методы визуализации», с целью быстроты пошагового принятия решений по выбору способов визуализации, в ряду методов медицинской физики РИ, УЗИ, КТ, МСКТ, МСКТА, МРТ и др., для специальной адекватной эффективной диагностики, на основании подтверждений на практике с учетом доказательной медицины.

Сжатие верифицированной информации в виде алгоритма локус-метод может способствовать быстроте и оптимальности выбора эффективной диагностики методами медицинской физики, а также стратегическому планированию приобретения и организации специального приборного обеспечения в системах здравоохранения.

Библиографический список

1. Авитисов П. В., Гасанов Ш. М. Анализ возможностей территориального здравоохранения в оказании медицинской помощи пораженным в усло-

виях вооруженного конфликта. Научные и образовательные проблемы гражданской защиты. 2019; 3 (42): 38-50.

2. Mc Evoy C., Hideg G. Global Violent Deaths 2017. Time to Decide. – Small Arms Survey, Graduate Institute of International and Development Studies, Geneva, 2017. Printed by Gonnet in France. 104 p.

3. Oral update on the extent of conflict-related deaths in the Syrian Arab Republic. Statement by Michelle Bachelet UN High Commissioner for Human Rights. 48th session of the Human Rights Council. 24 September 2021. <https://www.ohchr.org/en/statements/2021/09/oral-update-extent-conflict-related-deaths-syrian-arab-republic>

4. Исаханов С. В., Кириченко Е. А., Рогов Л. А. Оценка структуры санитарных потерь при некоторых военных конфликтах и опыт оказания квалифицированной и специализированной медицинской помощи в военном госпитале внутренних войск МВД РФ раненым и больным из района боевых действий. Вятский медицинский вестник. 2002; (2): 50-53.

5. Kazim S. F. et al. Management of penetrating brain injury. Journal of Emergencies, Trauma, and Shock. 2011; 4 (3): 395-402.

6. Крайнюков П. А., Джанелидзе Т. Д., Васильева Т. Н. Проникающие ранения глаз: роль лучевой диагностики. Главный врач Юга России. 2010; 1 (20): 20-24.

Krajnyukov P. A., Dzhanelidze T. D., Vasil'eva T. N. Pronikayushchie raneniya glaz: rol' luchevoj diagnostiki. Glavnyj vrach YUga Rossii. 2010; 1 (20): 20-24. (In Russian)

7. Карасева В. В. Применение компьютерной томографии в обследовании, диагностике и планировании стоматологической реабилитации пациентов с огнестрельными ранениями челюстно-лицевой области. Вятский медицинский вестник. 2019; 2 (62): 30-34.

Karaseva V. V. Primenenie komp'yuternoj tomografii v obsledovanii, diagnostike i planirovanii stomatologicheskoy rehabilitacii pacientov s

ognestrel'nymi raneniyami chelyustno-licevoj oblasti. Vyatskij medicinskij vestnik. 2019; 2 (62): 30-34. (In Russian)

8. Offiah C., Hall E. Imaging assessment of penetrating injury of the neck and face. Insights into imaging. 2012. 3 (5): 419-431.

9. Pasley J., Berg R. J., Inaba K. Multidetector computed tomographic angiography (MDCTA) for penetrating neck injuries. Rambam Maimonides Medical Journal. 2012; 3 (3): 1-5

10. Шарифуллин Ф. А. и др. Спиральная компьютерная томография в диагностике ранений груди и их осложнений. Медицинская визуализация. 2005; 5: 83-89.

Sharifullin F.A. et al. Spiral computed tomography in diagnostics of chest wounds and their complications. Medical Visualization. 2005; (5): 83-89. (In Russian)

11. Самохвалов И. М. и др. Ранения груди огнестрельным оружием ограниченного поражения. Вестник Национального медико-хирургического Центра им. Н.И. Пирогова. 2016; 11 (2): 25-35.

Samohvalov I. M. i dr. Raneniya grudi ognestrel'nym oruzhiem ogranichenogo porazheniya. Vestnik Nacional'nogo mediko-hirurgicheskogo Centra im. N.I. Pirogova. 2016; 11 (2): 25-35. (In Russian)

12. Шейх Ж. В. и др. Абсцедирующая пневмония при огнестрельном ранении грудной клетки (клинический пример). Вестник Российского научного центра рентгенорадиологии Минздрава России. 2014; 3: 3.

Sheih ZH. V. i dr. Abscediruyushchaya pnevmoniya pri ognestrel'nom ranenii grudnoj kletki (klinicheskij primer). Vestnik Rossijskogo nauchnogo centra rentgenoradiologii Minzdrava Rossii. 2014; 3: 3. (In Russian)

13. Обельчак И.С., Васильев А.Ю. Мультисрезовая компьютерная томография в диагностике огнестрельного ранения сердца. Радиология – практика. 2019; (1): 39-45.

Obel'chak I.S., Vasil'ev A.YU. Mul'tisrezovaya komp'yuternaya tomografiya v diagnostike ognestrel'nogo raneniya serdca. Radiologiya – praktika. 2019; (1): 39-45. (In Russian)

14. Ульянова В. А. Магнитно-резонансная томография в диагностике огнестрельных ранений позвоночника. Медицинская визуализация. 2015; (3): 10-16.

Ulyanova V.A. MRI in the Diagnosis of Gunshot Wounds to the Spine. Medical Visualization. 2015;(3):10-16. (In Russian)

15. Васильев А. Ю., Романова А. В., Лежнев Д. А. Лучевая диагностика травм живота на клинических примерах проникающих ранений из практики лечебного учреждения первого уровня. Consilium Medicum. 2018; 20 (8): 32-36.

Vasil'ev A. YU., Romanova A. V., Lezhnev D. A. Luchevaya diagnostika travm zhivota na klinicheskikh primerah pronikayushchih ranenij iz praktiki lechebnogo uchrezhdeniya pervogo urovnya. Consilium Medicum. 2018; 20 (8): 32-36. (In Russian)

16. Обельчак И.С. и др. Мультисрезовая компьютерная томография в диагностике повреждений сосудов живота и таза при боевой огнестрельной травме. Лучевая диагностика и терапия. 2018; 1 (9): 125-126.

Obel'chak I.S. i dr. Mul'tisrezovaya komp'yuternaya tomografiya v diagnostike povrezhdenij sosudov zhivota i taza pri boevoj ognestrel'noj travme. Luchevaya diagnostika i terapiya. 2018; 1 (9): 125-126. (In Russian)

17. Гайворонский А. И. и др. Интраоперационное ультразвуковое исследование в хирургии периферических нервов верхней конечности. Вестник Российской военно-медицинской академии. 2015; 2: 56-59.

Gajvoronskij A. I. i dr. Intraoperacionnoe ul'trazvukovoe issledovanie v hirurgii perifericheskikh nervov verhnej konechnosti. Vestnik Rossijskoj voenno-meditsinskoj akademii. 2015; 2: 56-59. (In Russian)

18. Hare S. S. et al. The radiological management of bomb blast injury. *Clinical radiology*. 2007; 62 (1): 1-9.

19. Yazgan C., Aksu N. M. Imaging features of blast injuries: experience from 2015 Ankara bombing in Turkey. *The British journal of radiology*. 2016; 89 (1062) :20160063.

20. Чуйко А.Н., Копытов А.А., Копытов А.А. Компьютерная томография и основные механические характеристики костных тканей. *Медицинская визуализация*. 2012; (1): 102-107.

Chuiko A.N. at al. Determination of Basic Mechanical Descriptions of Bones Clos on Database Computer Tomography. *Medical Visualization*. 2012; (1): 102-107. (In Russian)

21. Odéen H., Parker D.L. Magnetic Resonance Thermometry and Its Biological Applications - Physical Principles and Practical Considerations. *Progress in Nuclear Magnetic Resonance Spectroscopy*. 2019, 110: 34–61.

22. Bogatov N, Voloshin M, Grigoryan L, Sinitsyn A, Shapovalov S. Brain temperature measurement using MR tomography images. *Journal of Physics: Conference Series*. 2020, 1679: 1–6. doi: 10.1088/1742-6596/1679/3/032090.

23. Guidelines for the Certification of Clinically Qualified Medical Physicists. Vienna: IAEA, 2021.

24. Caruana C.J., Christofides S., Hartmann G.H. European Federation of Organisations for Medical Physics (EFOMP) Policy Statement 12.1: Recommendations on Medical Physics Education and Training in Europe 2014 *Physica Medica*. 2014; 30(6): 598-603.

25. Klenevskii A.V., Bogatov N.M. Effects of Ionizing Radiation Detector Characteristics on the Results of Measurements of Percent Depth Doses in Small Photon Fields. *Biomedical Engineering*, 2019; 53(2): 125-129.