

Роль методов визуализации для обеспечения безопасности пациента в анестезиологической практике (обзор)

А. Ю. Зайцев, К. В. Дубровин, В. А. Светлов

Российский научный центр хирургии им. Б. В. Петровского,
Россия, 119881, Москва, Абрикосовский пер., д. 2

Contribution of Imaging Techniques for Patient's Safety in Anesthesiology Practice (Review)

Andrey Yu. Zaitsev, Kirill V. Dubrovin, Vsevolod A. Svetlov

B.V. Petrovsky Russian Scientific Center of Surgery
2 Abrikosov lane, 119881 Moscow, Russia

Медицинская визуализация, как комплекс мер, основанный на применении физических методов обследования и направленный на осуществление зрительного контроля за состоянием исследуемого органа и ткани или изменением его вследствие внешнего воздействия является одной из основ современной безопасной анестезиологической практики. Главным преимуществом визуализации является возможность быстро, информативно, в режиме реального времени получить необходимые диагностические данные о состоянии основных систем организма. Кроме того, ее применение позволяет уменьшить риски развития осложнений при выполнении манипуляций. В настоящем обзоре указаны возможности различных методов визуализации, их положительные и отрицательные стороны, особенности применения.

Ключевые слова: визуализация; ультразвуковое исследование; рентгенография; безопасность; катетеризация вен; регионарная анестезия; оценка сердечного выброса

Medical imaging deals with physical examination and visual monitoring the organs and tissues. The main advantage of the imaging is capability to get quick and informative diagnostic data on the state of the main body systems in real time. In addition, imaging system using can reduce the risk of complications during manipulations. In this review, the potential of various imaging techniques, their advantages and disadvantages, and features of their application in anesthesiology are discussed.

Keywords: imaging; sonography; radiography; safety; vein catheterization; regional anesthesia; cardiac output assessment

DOI:10.15360/1813-9779-2018-6-80-94

Введение

В анестезиологической практике периоперационная безопасность пациента во многом зависит от возможности экспресс-диагностики жизнеугрожающих состояний. Кроме того, выполнение различных инвазивных (в частности блокад, пункций магистральных сосудов и т. д.) и неинвазивных манипуляций (ларингоскопия) нередко сопряжено с риском штатных осложнений, которых можно избежать при объективном контроле. Так, значительно повысить уровень безопасности и, в конечном счете, повлиять на исход оперативного вмешательства способно рациональное использование медицинской визуализации. Медицинская визуализация — комплекс мер, основанный на приме-

Introduction

In an anesthesiology practice, patient's perioperative safety largely depends on the availability of urgent methods of diagnosis of life-threatening conditions. In addition, various invasive (e. g., blockades, punctures of the great vessels, etc.) and non-invasive manipulations (laryngoscopy) are commonly associated with the risk of regular complications, which can be avoided under the objective monitoring. Therefore, the rational use of medical imaging can significantly increase the level of safety and, ultimately, affect the outcome of a surgery. Medical imaging represents a set of techniques that are based on physical examination and aimed at visual monitoring of the state of organs and tissues under test or their alterations due to various factors.

Адрес для корреспонденции:

Кирилл Дубровин
E-mail: cyrill81@gmail.com

Correspondence to:

Kirill V. Dubrovin
E-mail: cyrill81@gmail.com

нии физических методов обследования и направленный на осуществление зрительного контроля за состоянием исследуемого органа и ткани или изменением его вследствие внешнего воздействия.

Эффективность различных методов визуализации, возможностей их использования в анестезиологии во многом связаны с базовыми механизмами привлекаемых технологий. С этих позиций, для лучшего понимания рациональности использования визуализации, представляется целесообразным классифицировать существующие методы.

Методы визуализации: классификация

Методы медицинской визуализации можно классифицировать в зависимости от физического принципа, лежащего в их основе.

1. Методы, основанные на излучении.

- 1) Рентгенография.
- 2) Тепловидение.
- 3) Инфракрасная спектроскопия.

2. Волновые методы.

- 1) Ультразвуковые волны.

3. Электросвязь.

- 1) Эндоскопия:
 - a – прямая;
 - b – оптоволоконная.
- 2) Телевидение (видео-ассоциированные методы исследования).

Методы визуализации позволяют осуществлять диагностику в режиме реального времени [1, 2] непосредственно у постели больного [3], во время операции [4] и даже на месте происшествия [5], безопасно осуществлять инвазивные манипуляции без риска повреждения окружающих структур [6]. Вместе с тем, применительно анестезиологии и реаниматологии эффективность методов визуализации оценивается избирательно, без учета факторов, ограничивающих их применение. С этих позиций представляется оправданным рассмотреть их практические возможности.

Эндоскопия

Эндоскопия – технология, предназначенная для визуального осмотра внутренней поверхности органа – пищевода (ЭГДС), матки (утероскопия), трахеи (трахеоскопия), бронхов (бронхоскопия) с использованием полой трубки, системы зеркал и источника света. Впервые реализовать эту возможность удалось Bozzini 1809, который приспособил для этого полую трубку и источник света [7]. Позднее, в 1826 году французский врач Segal применил устройство с похожим принципом действия для визуального осмотра внутренней поверхности уретры, мочевого пузыря, матки, прямой кишки, пищевода и желудка [8]. В 1897 г. немецкий оториноларинголог Gustav Killian впервые выполнил бронхоскопию, чтобы извлечь инородное тело (кусочек кости) из просвета бронхов [9]. Он же ввел в

The effectiveness of imaging methods and their possible use in anesthesiology are largely related to the basic mechanisms of the technologies involved. From this point of view, it seems appropriate to classify existing methods for a better understanding the reasons to employ the imaging techniques.

Imaging techniques. Classification

Medical imaging techniques can be classified according to the main physical principle that is employed for the non-invasive visualization.

1. Methods based on radiation.

- 1) X-ray;
- 2) Infrared imager;
- 3) Infrared spectroscopy.

2. Wave imaging methods.

- 1) Ultrasonic waves.

3. Electric communication.

- 1) Endoscopy:
 - a – direct;
 - b – fiber optic.
- 2) Television (video-associated assays).

Imaging techniques allow real-time diagnosis [1, 2] directly at a patient's bedside [3], during surgery [4]. It even allows to perform safely invasive procedures without the risk of damage to surrounding structures at the accident scene [5–6]. At the same time, in the anesthesiology and intensive care, the effectiveness of imaging techniques is evaluated selectively, without taking into account the factors limiting their use. From this point of view, it seems justified to consider their practical potential.

Endoscopy

Endoscopy is a technology designed for visual inspection of the internal surface of the esophagus (EGDS), uterus (hysteroscopy), trachea (tracheoscopy), bronchi (bronchoscopy) using a hollow tube, a system of mirrors and a light source. For the first time, this technique was implemented by Bozzini in 1809, when he adapted a hollow tube and a light source for this purpose [7]. Later, in 1826, a French physician Segal used a device with a similar operating principle for visual examination of the inner surface of the urethra, bladder, uterus, rectum, esophagus and stomach [8]. In 1897, a German otorhinolaryngologist Gustav Killian performed bronchoscopy for the first time to remove a foreign body (a piece of a bone) from the bronchial lumen [9]. He also introduced the term «bronchoscopy» into clinical practice. In Russia, the first bronchoscopy was carried out by K. M. Schmidt in 1903 [10]. In all these cases, devices with a single principle of operation were used. Then the development and progress in anesthesiology contributed to the widespread use of bronchoscopy, especially for diagnostic purposes. In 1956, Friedel designed a rigid breathing bronchoscope, using which it became possible to carry out manipulations mainly under general anesthesia with

клиническую практику сам термин «бронхоскопия». В России первую бронхоскопию в 1903 г. применил К. М. Шмидт [10]. Во всех этих случаях использовались устройства с единым принципом действия. В дальнейшем, повсеместному использованию бронхоскопии, прежде всего в диагностических целях, способствовали развитие и прогресс анестезиологии. В 1956 г. Н. Friedel сконструировал жесткий дыхательный бронхоскоп, с его использованием стало возможным проведение манипуляций преимущественно в условиях общей анестезии с искусственной вентиляцией легких (ИВЛ) [11]. Отличительной особенностью бронхоскопа, за счет размещения источника света сбоку, стала возможность проведения высокочастотной искусственной вентиляции легких (ВЧИВЛ) и свободное выполнение различных манипуляций в условиях общей анестезии.

Появление оптоволоконных эндоскопов произвело революцию в бронхологии. В 1968 г. японский бронхолог S. Ikeda выполнил первую фибробронхоскопию, что позволило в большинстве случаев отказаться от общей анестезии и существенно расширить показания к этому методу, в том числе для интубации трахеи [12]. В основе фибробронхоскопии используется оптическая система, состоящая из миниатюрной камеры с оптоволоконной линией, что позволяет не только осуществить осмотр структуры, но и зафиксировать полученное изображение [13]. Расширение возможностей технологии визуализации внутренних структур на сегодняшний день связано с привлечением видеотехники, однако в связи с тем, что его область применения смежная с эндоскопической мы решили объединить их в один раздел. В анестезиологии и интенсивной медицине применение эндоскопической и видеоассистированной техники, как правило, ограничено оценкой состояния верхних дыхательных путей (ВДП) и поддержанием проходимости дыхательных путей (ППДП).

Практически важно, что в повседневной анестезиологической практике фибробронхоскопия (ФБС) стала золотым стандартом в решении проблемы трудной интубации [14, 15]. ФБС под контролем зрения вводится в трахею, а эндотрахеальная трубка (ЭТТ) проводится по нему как по проводнику, что существенно повышает безопасность манипуляции. Этот очень эффективный метод, к сожалению, не лишен недостатков, несмотря на проведение седации, может сопровождаться выраженным психо-эмоциональным дискомфортом [16, 17]. Кроме того, бронхоскопия может применяться для верификации положения как обычной, так и двухпросветной ЭТТ, применяемой для эндобронхиальной интубации [18], а также установки бронхоблокаторов (ББ) при операциях на легких [19]. Получили распространение одно- и двухпросветные ЭТТ со встроенной камерой высокого разрешения, позволяющие производить визуализацию бронхов и под контролем зрения производить уста-

mechanical ventilation [11]. The availability of high-frequency ventilation (HFV) and unrestricted performance of various manipulations under general anesthesia became distinctive features of the bronchoscope due to the placement of the light source on one side.

The invention of fiber optic endoscopes has revolutionized the bronchology. In 1968, a Japanese bronchologist S. Ikeda performed the first fibrobronchoscopy, which allowed to abandon the general anesthesia in most cases and expand the indications for this method significantly, including tracheal intubation [12]. The fibrobronchoscopy is based on an optical system consisting of a miniature camera with a fiber optic line, which allows not only to inspect the structure, but also to register the image obtained [13]. The expansion of the imaging technology of internal structures is currently associated with involvement of video equipment, however, since its scope of application is adjacent to the endoscopic one, we decided to combine them into one section. In anesthesiology and intensive care, the use of endoscopic and video-assisted techniques is generally limited to assessing the upper respiratory tract and maintaining the airway patency.

It is practically important that in everyday anesthetic practice fibrobronchoscopy (FBS) should become the gold standard in solving the problem of difficult intubation [14, 15]. The FBS is introduced into the trachea under visual monitoring, and the endotracheal tube (ETT) is introduced along it as a guide, which significantly increases the safety of the manipulation. This very effective method, unfortunately, is not without defects, and despite sedation it may be accompanied by severe psycho-emotional discomfort [16, 17]. In addition, bronchoscopy can be used to verify the position of both conventional and double-lumen ETT is used for endobronchial intubation [18], as well as the installation of bronchial blocker (BB) in the pulmonary surgery [19]. One-lumen and two-lumen ETTs with a built-in high-resolution camera allowing visualization of the bronchi and BB installation under visual monitoring [20] became widespread. The easiness of installation and reduction of the risk of damage to the bronchial mucosa is the undisputable advantage of this system [21]. There is a large number of studies published to date confirming the effectiveness of this technique [22–24].

The use of video laryngoscopes (VLS) seems to be an alternative to FBS to facilitate tracheal intubation after induction of anesthesia [25]. The advantages of VLS are obvious: intubation after induction of anesthesia, visual monitoring of ETT through the vocal cords, reduction of the risk of soft tissue damage of the oropharynx and larynx, less severe hemodynamic pressor reaction [26]. On the other hand, there are restrictions for VLS after induction of anesthesia, such as the likelihood of difficult ventilation. In this case, however, the VLS can be used after local anesthesia and blockade of the superior laryngeal, lingual and glossopharyngeal nerves; opening of the mouth is impaired to 1.5 cm [27, 28].

новку ББ [20]. Бесспорным преимуществом данной системы является простота установки и уменьшение риска повреждения слизистой оболочки бронхов [21]. К настоящему моменту существует большое количество исследований, подтверждающих эффективность данной методики [22–24].

Альтернативой ФБС может служить применение видеоларингоскопов (ВЛС), позволяющих проводить интубацию трахеи после введения в анестезию [25]. Преимущества ВЛС очевидны, интубация после проведения индукции в анестезию, визуальный контроль проведения ЭТТ через голосовые складки, уменьшение риска повреждения мягких тканей ротоглотки и гортани, менее выраженная прессорная гемодинамическая реакция [26]. С другой стороны, для ВЛС после индукции в анестезию существуют и ограничения, вероятность трудной вентиляции, однако, в этом случае ВЛС можно использовать после выполнения местной анестезии и блокады верхнего гортанного, язычных и языкоглоточных нервов, при ограничении открывания рта до 1,5 см [27, 28].

Рентгенография

Рентгенологическое исследование является одним из старейших методов визуализации в медицинской практике, который позволяет получить изображение органов и тканей [29] после прохождения ионизирующего излучения через ткани с последующей фиксацией на рентгеночувствительной пленке или в цифровом виде. Метод был описан немецким исследователем Вильгельмом Рентгеном в 1895 году и до настоящего времени остается одним из обязательных элементов диагностического протокола при многочисленных клинических ситуациях [30]. С развитием современной техники рентгеновские аппараты стали мобильными, появилась возможность их перемещения непосредственно к пациенту, и выполнения рентгеновского снимка в режиме реального времени [31]. В анестезиологии рентгенография используется, в основном, для диагностической оценки положения центральных венозных катетеров, эндотрахеальной трубки и желудочного зонда после их установки [32]. Рентгенография подтвердила свою эффективность при исследовании органов грудной полости с целью подтверждения пневмо- или гидроторакса, выявления характерной клинической картины развития отека легких, пневмонии, ОРДС [33]. В экстренной медицине используют обзорную рентгенографию грудной и брюшной полости, малого таза, головы и шеи для исключения травматического повреждения костных структур, подтверждения отека легких, разрыва полого органа, выявления инородных тел [34].

Дальнейшим развитием рентгенографии стало появление компьютерной томографии (КТ) (1970-е), что позволило расширить диагностиче-

X-ray

X-ray examination is one of the oldest imaging methods in medical practice, which allows to obtain images of organs and tissues [29], after passing the of ionizing radiation through the tissues, followed by record of the image on the X-ray film or in digital form. The method was described by the German researcher Wilhelm Röntgen in 1895 and remains one of the mandatory elements of the diagnostic protocol in numerous clinical situations. [30]. With the development of modern technology, X-ray equipment has become mobile; it is possible to bring it directly to the patient and perform a real-time X-ray test [31]. In anesthesiology, radiography is mainly used for diagnostic evaluation of central venous catheters, endotracheal tube and gastric probe after their installation [32]. Radiography has confirmed its effectiveness in the study of the chest to confirm pneumo- or hydrothorax, to identify the characteristic clinical presentation of pulmonary edema, pneumonia, ARDS [33]. In emergency medicine, survey radiography of the chest and abdomen, small pelvis, head and neck is used to exclude traumatic damage to bone structures, to confirm pulmonary edema, rupture of a hollow organ, and to identify foreign bodies [34].

Computed tomography (CT) became the next step in development of radiography (1970s), which allowed to expand the diagnostic potential of the method, to obtain a detailed high-resolution image of internal organs [35]. The method is based on the measurement and complex computer processing of the X-ray attenuation difference by tissues of various densities. Portable tomographs are used for the diagnosis of acute neurological and neurosurgical pathology [36].

In the anesthesiology practice and in the treatment of chronic pain syndromes, the opportunity to perform guided manipulations on the nerves and ganglia when performing blockades became an additional advantage of MSCT. In these cases, indirect imaging technique is used, bringing the needle to the nerve-associated bone structures [37]. Examples include blockades of the sensitive facial nerves and introduction of an anesthetic into the zygapophysial joints to relieve back pain [38]. Data on similar effectiveness of sonographic methods that do not have radiation exposure have been obtained recently in relation to the latter technique [39].

The disadvantages of radiography include the radiation load limiting the frequent use of radiography, static image, and low information content due to the projection overlapping of tissues layer images [40].

Radioisotope imaging technique

The radioisotope method is based on the introduction of radioactive isotopes into the bloodstream and the subsequent determination of the emitted photons [41]. In intensive care, this method is used to assess the state of perfusion and functional activity of

ские возможности метода, получать детальную картину состояния внутренних органов в высоком разрешении [35]. В основе метода лежит измерение и сложная компьютерная обработка разности ослабления рентгеновского излучения различными по плотности тканями. Портативные томографы используют для диагностики острой неврологической и нейрохирургической патологии [36].

В анестезиологической практике и при лечении хронических болевых синдромов, дополнительным преимуществом МСКТ стала появившаяся возможность выполнения контролируемых манипуляций на нервах и ганглиях при выполнении блокад. В этих случаях используют непрямую технику визуализации, подводя иглу к ассоциированным с нервом костным структурам [37]. Примерами могут служить блокады чувствительных нервов лица и введение анестетика в дугоотростчатые суставы для облегчения боли в спине [38]. Хотя относительно последней методики стали появляться данные о схожей эффективности УЗ-методов, не имеющих лучевой нагрузки [39].

К недостаткам рентгенографии относят фактор лучевой нагрузки, ограничивающий частое применение рентгенографии, статичность получаемого изображения, низкую информативность, вследствие проекционного наложения изображения слоев тканей друг на друга [40].

Радиоизотопный метод визуализации

Радиоизотопный метод основан на введении в кровотоки радиоактивных изотопов и последующим определении излученных ими фотонов [41]. В интенсивной терапии данный метод используется для оценки состояния перфузии и функциональной активности миокарда, эффективности реперфузионной терапии. Метод высоко информативен, получение результата происходит в течение нескольких минут, однако его выполнение требует специального оборудования и, соответственно, перевода пациента в специализированное отделение [42]. Существенным недостатком является лучевая нагрузка [43].

К радиоизотопным методам исследования можно также отнести исследования объема плазмы, эритроцитов, объема циркулирующей крови. С одной стороны, в то время как некоторые авторы, например J. G. Jones, описывают высокую точность радиоизотопного метода исследования [44], другие, в частности — Iijima (1998), указывают на ограниченность применения подобных методов в клинической практике из-за ограничений связанных с доступностью радиоактивных препаратов, отдавая предпочтение методу разведения красителя [45].

Ультразвук

Ультразвуковое исследование (УЗ) вошло в медицинскую практику с середины 50-х годов XX века, когда, используя этот метод пытались исследовать

the myocardium and the effectiveness of reperfusion therapy. The method is highly informative, the result is obtained within a few minutes, but its implementation requires special equipment and, accordingly, the transfer of the patient to a specialized unit [42]. The radiation load is its significant disadvantage [43].

Radioisotope methods of research may also include the study of plasma and red blood cells volume and the circulating blood volume. On the one hand, while some authors, for example, J. G. Jones describe high accuracy of the radioisotope method [44], others, in particular, Iijima (1998) indicate restrictions of such methods in clinical practice due to limitations related to the availability of radioactive drugs, thus giving preference to the dye dilution method [45].

Ultrasound

Sonography has been used in medical practice since the mid-1950s, when they tried to investigate the functional state of the heart and central nervous system using this method [46]. It is based on the registration of the propagation and reflection of ultrasonic waves in the body tissues. Sonographic methods have been introduced in the anesthesiology practice, relatively recently. At present, this method has become the most accessible and is used for both diagnosis and control of manipulations in order to reduce the risk of complications [47]. Compared to radiography, sonography provides higher sensitivity and specificity values.

I. Sonography of the nervous system. Assessment of a number of nervous system parameters is one of the areas of application of sonography, when it can be a reasonable alternative to invasive methods. Along with invasive methods for assessing intracranial pressure (intraventricular pressure), it is possible to diagnose intracranial hypertension (ICH) based on indirect signs. Traditionally, intracranial hypertension is diagnosed by optic papilla edema while studying the fundus [48]. However, it is possible to assess the state of this anatomical structure with sonography. The diameter of the optic papilla of more than 5.2 cm indicates intracranial hypertension. The high efficiency of the method has been confirmed in a number of studies [49,50,51]. Its advantages include: availability, easiness of implementation, low invasiveness, no radiation load. At the same time, the technique does not allow to determine the causes of ICH because of its non-specificity; in addition, it is difficult to use it when the eyeball is damaged. The effectiveness of this method can be assessed by the G. Ravishankar's works (2008); the study of the optic nerve sheath is a sensitive ICH screening method, especially in the case of massive admission of patients or in the non-hospital setting [52]. The positive experience while using this technique was also described by J. Irazuzta (2016) and P. del Saz-Saucedo (2016) [53, 54]. On the other hand, A. Le (2009) pointed out that the use of this screening in pediatric practice is not enough for diagnosis; it is prob-

довать функциональное состояние сердца и центральной нервной системы [46]. В его основе лежит регистрация распространения и отражения ультразвуковых волн в тканях организма. В анестезиологической практике ультразвуковые методы стали применять сравнительно недавно. В настоящее время этот метод стал наиболее доступным и применяется как для диагностики, так и для контроля выполняемых манипуляций с целью снижения риска развития осложнений [47]. По сравнению с рентгенографией, УЗ обладает более высокой чувствительностью и специфичностью.

I. УЗ диагностика состояния нервной системы. Одной из областей применения УЗ исследования представляется оценка ряда показателей нервной системы, когда УЗ может быть разумной альтернативой инвазивным методам. Наряду с инвазивными методами оценки внутричерепного давления (внутрижелудочковое давление), существует возможность проводить диагностику внутричерепной гипертензии (ВЧГ) по косвенным признакам. Традиционно наличие внутричерепной гипертензии диагностируют по отеку соска зрительного нерва при исследовании глазного дна [48]. Однако оценить состояние данной анатомической структуры можно и при использовании УЗИ. Диаметр соска зрительного нерва более 5,2 см указывает на развитие внутричерепной гипертензии. Высокая эффективность метода была доказана в ряде исследований [49–51]. К его преимуществам относятся: доступность, простота выполнения, малая инвазивность, отсутствие лучевой нагрузки. В то же время методика не позволяет определить причины ВЧГ, ввиду своей неспецифичности, кроме того, ее применение затруднительно при повреждении глазного яблока. Об эффективности данного метода можно судить по работе G. Ravishankar (2008), исследование оболочки зрительного нерва является чувствительным скрининговым методом ВЧГ, особенно в случае массивного поступления пострадавших или во внеспиральных условиях [52]. J. Irazuzta (2016) и P. del Saz-Saucedo (2016) также получили положительный опыт применения метода [53, 54]. С другой стороны, A. Le (2009) указала, что применение этого скрининга в педиатрической практике недостаточно для постановки диагноза, связано это, по-видимому, с недостаточным опытом врачей-интенсивистов. Кооперация с детскими офтальмологами позволила значительно повысить эффективность метода [55].

II. УЗ диагностика состояния дыхательной системы. Проведение ультразвукового обследования непосредственно легочной ткани невыполнимо, это связано с наличием в легких воздуха, который отражает УЗ-сигнал [56]. Несмотря на это, использование ультразвука позволяет косвенно определять наличие воздуха и жидкости в плевральной полости [57]. Применение сонографии эффективно для

ably due to the lack of experience of intensive care physicians. Cooperation with pediatric ophthalmologists has significantly improved the efficiency of the method [55].

II. Sonography of the respiratory system. Sonographic examination of the lung tissue seems impossible because of the air in the lungs, which reflects the ultrasonic signal [56]. Despite this obstacle, the use of ultrasound can indirectly determine the presence of air and fluid in the pleural cavity [57]. The sonography is effective in diagnosing pneumothorax. The method is based on the phenomenon of disappearance of friction between visceral and parietal pleurae (sliding). The method allows assessing the presence of pathological alterations at a prehospital stage [58], during surgery or while in intensive care unit. Determination of pneumothorax by the sonography is a simple procedure and does not require in-depth training; a two-hour course is enough [59]. Determination of pleural effusion is also easy; moreover, the use of sonography allows to differentiate between transudate and exudate [60] and evaluate the volume of the pleural cavity [61].

Sonography is used to diagnose acute respiratory distress syndrome (ARDS), identifying signs of lung tissue consolidation. Along with the diagnostic potential, the practical significance of the method is in reducing the need for chest radiography and computed tomography, i.e. in reducing the radiation load. Some researchers even point to a greater diagnostic breadth of sonography compared to chest X-ray [62]. High specificity of the technique and the fastness of its implementation may also be considered as advantages of sonography [63]. In addition, the characteristic features allow to make differential diagnosis of ARDS/ALI with cardiogenic pulmonary edema [64]. On the other hand, the method has some limitations that include rib injury, subcutaneous emphysema, and obesity [65].

Chest ultrasound can be used to diagnose pulmonary embolism [66]. Pulmonary tissue compaction in combination with pleural effusion is the diagnostic criterion for PE. This conclusion is confirmed by the meta-analysis published by A. Squizzato [67]; sonography is a reliable method for assessing pulmonary embolism, if there is no access or if there are contraindications for contrast-enhanced computed tomography (CT).

Sonography is also used to assess the state of the upper respiratory tract, the bottom of the oral cavity and the structures of the larynx, to detect masses, abscesses, cysts or epiglottitis, which can worsen the visualization during laryngoscopy, as well as to diagnose maxillary sinusitis before nasotracheal intubation [68]. There is evidence that ultrasound can be used to detect difficult airways. According to T. Ezri, a large volume of soft tissues at the level of vocal cords predict difficulties in intubation. Sonography was as effective as magnetic resonance imaging (MRI) in calculation of the tissue volume [69]. T. Ezri's findings were confirmed by S. Adhikari [70]. Ultrasound examination of

определения пневмоторакса. В основе метода лежит феномен исчезновения признака трения висцеральной и париетальной плевры (слайдинг). Метод позволяет оценивать наличие патологии как на догоспитальном этапе [58], так и во время оперативного вмешательства или в отделении реанимации. Определение пневмоторакса с помощью УЗ является простой процедурой и не требует углубленной подготовки, достаточно 2-х часового курса [59]. Определение плеврального выпота также не составляет труда, более того, применение сонографии позволяет достоверно дифференцировать трансудат от экссудата [60] и измерить объем содержимого в плевральной полости [61].

Сонографию применяют для диагностики острого респираторного дистресс-синдрома (ОРДС), определяя признаки консолидации легочной ткани. Наряду с диагностическими возможностями, практическая значимость метода заключается в снижении потребности в рентгенографии и компьютерной томографии грудной клетки, т.е. уменьшении лучевой нагрузки. Некоторые исследователи даже указывают на большую диагностическую широту сонографии по сравнению с рентгенографией грудной клетки [62]. К преимуществам УЗ, в этих случаях, можно отнести высокую специфичность метода и быстроту его выполнения [63]. Кроме того, наличие характерных признаков позволяет проводить дифференциальную диагностику ОПЛ/ОРДС с кардиогенным отеком легких [64]. С другой стороны, метод имеет и некоторые ограничения, например, применение у пациентов с повреждением ребер, подкожной эмфиземой, ожирением [65].

УЗИ грудной клетки можно использовать для диагностики тромбоэмболии легочной артерии [66]. Диагностическими критериями ТЭЛА является уплотнение легочной ткани в сочетании с плевральным выпотом. Этот тезис подтверждается мета-анализом A. Squizzato [67]. УЗ является достоверным методом оценки эмболии легочной артерии, если нет доступа или есть противопоказания к применению компьютерной томографии (КТ) с контрастированием.

Ультразвук применяют и для оценки состояния верхних дыхательных путей, дна полости рта и структур гортаноглотки, выявления объемных образований, абсцессов, кист или эпиглоттита, способных ухудшить визуализацию гортани при ларингоскопии, а также диагностировать синусит верхнечелюстной пазухи перед назотрахеальной интубацией [68]. Имеются свидетельства, что УЗИ может быть применено для выявления трудных дыхательных путей. По мнению T. Ezgi, выраженный объем мягких тканей на уровне голосовых складок является предиктором трудной интубации. Для расчета объема ткани УЗИ было не менее эффективно, чем магнитно-резонансная томография (МРТ) [69]. Результаты исследования T. Ezgi нашли подтверждение в работе S. Adhikari [70].

the laryngopharynx from intraoral, sublingual access is another option for diagnosing difficult airways. Impossibility to visualize the hyoid bone is considered a predictor of difficult intubation. The obligatory need for local anesthesia and sedation to help patient to tolerate the procedure considers as a negative element of laryngopharynx sonography [71].

III. Sonography of the cardiovascular system.

Sonography is intensively is a comprehensive technique a comprehensive study of the cardiovascular system [72, 73]. Echocardiography (EchoCG) allows to determine pericardial effusion quickly, to conduct a differential diagnosis between asystole and electromechanical dissociation, to identify the causes of its development [74].

Cardiac output (CO) assessment

In contrast to the intensive care practice, the potential of transthoracic sonography during surgery to assess cardiac output is limited, due to involvement of a zone for subcostal access in the surgical field. In such cases CO is investigated by transesophageal or suprasternal access (USCOM – ultrasonic cardiac output monitor) [75]. In 1986, J. Mark compared the percutaneous echocardiography findings with those obtained by thermodilution in cardiac patients. On the one hand, sonographic data on the diameter of aorta required for measurement of CO correlated poorly with the data of surgeons' visual observations. On the other hand, the time to perform echocardiography and the variability of the data obtained was less than with thermodilution. It has been pointed out that echocardiography is indicated in patients, when the use of invasive methods is impossible [76]. Later, in 2008, W. Knirsch compared the results obtained using prepulmonary thermodilution and suprasternal Doppler (USCOM) in cardiosurgical patients. The data obtained were not in favor of sonography [77]. However, according to Lai-Sze Grace Wong, the use of USCOM is acceptable for the assessment of CO, especially when the dynamics of parameters is important, not their absolute value. Unfortunately, the potential of USCOM is limited by the inability to measure the pressure in the pulmonary artery. The safety of its application in comparison with thermodilution is the obvious advantage of sonography [78]. In addition, ultrasound imaging permits to determine massive embolism in pulmonary vessels [79], masses in heart cavities, and the effectiveness of external pacing [80]. Sonographic examination of the inferior vena cava diameter allows to indirectly assess preload and its changes in response to therapy [81]. Similarly, information can be obtained during an examination of the jugular vein, if access to the abdomen and chest is difficult [82]. With sufficient experience, it is possible to assess the state of the valvular apparatus, to identify myocardial ischemia, hypokinesis zones and determine aneurysms [83]. There are various algorithms for assessing the state of the cardiovascular system using sonography, for example, FATE,

Другой вариант диагностики трудных дыхательных путей заключается в УЗИ органов гортаноглотки из внутриротового, подъязычного доступа. Предиктором трудной интубации рассматривается невозможность визуализации подъязычной кости. Негативным моментом является необходимость местной анестезии и седации, чтобы пациент мог перенести процедуру [71].

III. УЗ диагностика состояния сердечно-сосудистой системы. Сонография достаточно широко используется для всестороннего исследования состояния сердечно-сосудистой системы [72, 73]. Эхокардиография (ЭхоКГ) позволяет быстро определить наличие перикардального выпота, провести дифференциальную диагностику между асистолией и электромеханической диссоциацией, выявить причины ее развития [74].

Оценка сердечного выброса (СВ)

В отличие от практики в интенсивной терапии, возможность использования трансторакальной сонографии во время операции для оценки сердечного выброса ограничена, что связано с вовлечением в операционное поле зоны для субкостального доступа. В таких случаях СВ исследуют чрезпищеводным или супрастернальным доступом (USCOM — ultrasonic cardiac output monitor) [75]. В 1986 году J. Mark сравнил данные чрезпищеводного ЭхоКГ с результатами, полученными методом термодилуции у кардиохирургических пациентов. С одной стороны, данные сонографии относительно диаметра аорты, необходимые для измерения СВ плохо коррелировали с данными визуального наблюдения хирургов. С другой, время на выполнение ЭхоКГ и вариабельность получаемых данных была меньше, чем при термодилуции. По мнению автора, ЭхоКГ показано пациентам, у которых применение инвазивных методов невыполнимо [76]. Позднее, в 2008 году W. Knirsch сравнил результаты полученной с помощью препульмональной термодилуции и посредством супрастернального доплера (USCOM) у кардиохирургических больных. Полученные данные были не в пользу сонографии [77]. Однако, по мнению Lai-Sze Grace Wong применение USCOM допустимо для оценки СВ, особенно когда важна динамика показателей, а не их абсолютное значение. К сожалению, возможности применения USCOM ограничены невозможностью измерить давление в легочной артерии. Очевидным преимуществом сонографии остается безопасность ее применения по сравнению с термодилуцией [78]. Помимо этого, УЗ визуализация позволяет определить массивную эмболию в легочных сосудах [79], наличие образований в полостях сердца, эффективность внешней кардиостимуляции [80]. УЗ исследование диаметра нижней полой вены позволяет косвенно оценить преднагрузку, а также ее изменения в ответ на проводимую терапию [81]. Подобным

FEEL, FoCUS [84–86]. The use of such algorithms allows to quickly obtain a comprehensive and dynamic assessment of the cardiovascular system.

Ensuring safety while performing manipulations

Maintenance of airway patency. It is known that tracheal intubation is a key moment to ensure the patency of the respiratory tract. Unrecognized unsuccessful tracheal intubation can lead to the development of severe, life-threatening complications. At present, this problem has become irrelevant due to the inclusion of capnography and pulse oximetry in the basic standard of anesthetic monitoring. On the other hand, the use of capnography does not exclude endobronchial intubation. In addition, it is not informative in cardiac arrest [87].

The availability of ultrasound in anesthetic practice allowed to use it for verification of ETT position. Unfortunately, it is impossible to exercise direct control during ETT. This is due to the presence of air in the trachea and the dispersion of the ultrasonic wave. As a result, all evaluation methods are based on indirect characteristics. The work of Blake Weaver (2006) is noteworthy; it reports on the verification of the ETT position that has been determined based on the presence of the sliding phenomenon, namely the sonographic signs of friction of pleura leaves against each other during respiratory movements. Accordingly, in the case of unintentional intubation of the esophagus, this phenomenon is absent, and in the case of endobronchial intubation it is observed unilaterally. The effectiveness is the main advantage of this technique, regardless of the state of blood circulation (when capnography cannot be used) or overweight leading to deterioration of the auscultative picture. Pneumothorax is the limiting factor of this diagnostic technique [88].

Another option for determining the position of ETT is to place the sensor across the trachea above the sternal notch. During ETT, there is a decrease in the volume of the echo-positive shadow (the so-called comet tail) behind the thyroid cartilage. In the case of esophageal intubation, on the contrary, a second, similar artifact is found. This phenomenon is called a «double tract sign». The authors used this technique in emergency medicine, using capnography as a reference technique. In their opinion, the use of sonography was not much inferior to capnography, and was even more effective in tracheal intubation in patients with cardiac arrest. Nevertheless, the disadvantages of the method were also specified, such as the inability to differentiate between endotracheal and endobronchial intubation. In addition, certain skills in operation with ultrasound are required for a quick assessment of the situation [89].

Puncture tracheostomy is another area of application of sonography which is used to facilitate it [90]. This is true in patients with complex anatomy of the anterior surface of the neck (obesity) and especially in combination with the situation of «I cannot intubate,

образом можно получить информацию при исследовании яремной вены, в том случае, если доступ к брюшной полости и грудной клетке затруднен [82]. При достаточном опыте работы можно оценить состояние клапанного аппарата сердца, выявить ишемию миокарда, зоны гипокинеза, определить наличие аневризм [83]. Существуют различные алгоритмы оценки состояния сердечно-сосудистой системы при помощи сонографии, например, FATE, FEEL, FoCUS [84–86]. Применение подобных алгоритмов позволяет быстро получить комплексную и динамическую оценку состояния сердечно-сосудистой системы.

Обеспечение безопасности при выполнении манипуляций

Поддержание проходимости дыхательных путей. Как известно, выполнение интубации трахеи является ключевым моментом обеспечения проходимости дыхательных путей. Своевременно не распознанная неудачная интубация трахеи может привести к развитию тяжелых, жизнеугрожающих осложнений. В настоящее время эта проблема стала утрачивать актуальность в связи с включением капнографии и пульсоксиметрии в базовый стандарт анестезиологического мониторинга. С другой стороны, использование капнографии не исключает эндобронхиальной интубации. Кроме того, она неинформативна при остановке сердца [87].

Доступность использования УЗИ в анестезиологической практике позволило применять его для верификации положения ЭТТ. К сожалению, осуществлять непосредственный контроль во время проведения ЭТТ невозможно. Это связано с присутствием воздушной среды в трахее, и рассеиванием УЗ-волны. Вследствие этого все оценочные методы основаны на косвенных признаках. Примечательна работа Blake Weaver (2006), в которой сообщается о верификации положения ЭТТ осуществляли по наличию феномена слайдинга, а именно УЗ-картине трения листков плевры друг о друга во время дыхательных движений. Соответственно, при непреднамеренной интубации пищевода этот феномен отсутствует, а при эндобронхиальной интубации наблюдается унилатерально. Основным преимуществом данной методики является эффективность, вне зависимости от состояния кровообращения (когда не может быть использована капнография) или избыточного веса, приводящего к ухудшению аускультативной картины. Лимитирующим фактором диагностического приема является наличие пневмоторакса [88].

Другой вариант определения положения ЭТТ сводится к размещению УЗ-датчика поперек трахеи над грудинной вырезкой. При проведении ЭТТ происходит уменьшение объема эхопозитивной тени (т.н. хвост кометы) за щитовидным хрящом. В случае интубации пищевода, напротив, обнаруживается второй, похожий артефакт. Этот фено-

мен «so I cannot ventilate» provided that the sonographic equipment is at hand [91].

Ultrasound imaging during manipulations

The use of ultrasound imaging opens up new opportunities for safe puncture and catheterization of blood vessels as it becomes possible to trace the path of the needle until penetration into the vessel. This reduces the number of attempts and time to perform manipulation; it makes possible to avoid damage to the surrounding structures [92]. Doppler imaging or color Doppler mapping can be used to simplify vascular differentiation. In particular, the efficacy and safety of ultrasound guidance in jugular vein catheterization is confirmed by Brass P. [93].

In a similar way and equally effectively, it is possible to perform regional blockades of peripheral nerves and plexuses and to control the spread of local anesthetic [94].

Sonography has found its role as a method ensuring safety in the evacuation of the pericardial cavity content during exudation or hemopericardium avoiding the injury to the myocardium [95].

Application of infrared radiation

To solve the problem of performing venipuncture in difficult circumstances, particularly in children, patients with obesity, dark skin, who have undergone frequent infusions, suffering from drug addiction, the method of near infrared spectroscopy is used [96]. The method is based on the use of light sources at a wavelength of 700-900 nm, because hemoglobin and blood plasma absorb this radiation better than the surrounding tissue. After processing, the resulting image is projected on the surface of the patient's skin in real time displaying the location of the venous bed [97]. The advantages of the method are obvious. They include a decrease in the number of puncture attempts and, therefore, such complications as damage to the vascular wall, development of hematomas, thrombosis, phlebitis, embolism, and infectious complications [98]. The effectiveness of the method is illustrated by the study of F. Chiao (2013). He confirmed that in patients at risk (patients with obesity, dark skin) visualization of vessels using IR radiation was easier than in regular attempts [99]. On the other hand, in the same year, J. de Graaf investigated the potential of vascular cannulation using IR radiation in children. Indeed, visualization was simplified, which, however, did not increase the chances of successful catheter installation [100]. Similar data were presented by O. van der Woude: in this study, the device for IR radiation was of limited benefit only in dealing with children with initially difficult cannulation [101].

Conclusion

The variety of imaging methods gives a modern clinician the ability to make a comprehensive diagnosis with a prompt result. Perioperative safety is di-

мен называется «признаком двойного пути». Авторы применяли эту методику в экстренной медицине, используя для контроля капнографию. По их мнению, применение УЗ-диагностики мало чем уступало капнографии, и даже было эффективнее при интубации трахеи у пациентов с остановкой сердечной деятельности. Тем не менее, были указаны и недостатки метода, например, невозможность дифференцировать эндотрахеальную и эндобронхальную интубацию. Кроме того, для быстрой оценки ситуации необходим определенный навык работы с УЗ [89].

Еще одной областью применения сонографии является облегчение выполнения пункционной трахеостомы [90]. Это актуально у пациентов со сложной анатомией передней поверхности шеи (ожирение) и особенно в сочетании с ситуацией «не могу интубировать, не могу вентилировать» при условии, что УЗ-аппарат находится под рукой [91].

Ультразвуковая визуализация при выполнении манипуляций

Применение ультразвуковой визуализации открывает новые возможности безопасного выполнения пункции и катетеризации сосудов поскольку появляется возможность проследить путь иглы вплоть до проникновения в сосуд. Благодаря этому уменьшается количество попыток и время на выполнение манипуляции, удается избежать повреждений окружающих структур [92]. Для упрощения дифференцирования сосудов можно проводить доплерографию или использовать цветное доплеровское картирование. В частности, эффективность и безопасность УЗ наведения при катетеризации яремной вены подтверждается работой Brass P. [93].

Схожим образом и столь же эффективно возможно выполнение регионарных блокад периферических нервов и сплетений, контроль за распространением местного анестетика [94].

Применение сонографии нашло место как метод обеспечения безопасности при эвакуации содержимого перикардиальной полости при выпоте или гемоперикарде, избегая травмирования миокарда [95].

Применение инфракрасного излучения

Для решения проблемы выполнения венопункции в сложных обстоятельствах, в частности у детей, пациентов с ожирением, смуглой кожей, перенесших частые инфузии, страдающих наркоманией, применяют метод ближней инфракрасной спектроскопии [96]. В основе метода лежит применение источников света с длиной волны (700–900 нм), так как гемоглобин и плазма крови поглощают это излучение лучше, чем окружающие ткани. Полученное изображение после обработки проецируется на поверхность кожи пациента в

directly related to the implementation of various manipulations and the fastness of diagnosis in patients on the operating table, in intensive care units and even at the scene of an accident or disaster. In such situations, various imaging techniques allow to perform a manipulation under the control of vision quickly and accurately without damage to anatomical structures and, therefore, without severe complications. The task of prompt diagnosis in urgent surgery, when patient's life depends on intensivist's correct actions, is still urgent. Presented considerations suggest that imaging is a comprehensive field in medicine that ensures a higher level of patient safety.

Therefore, the imaging techniques that is becoming more available as an additional tool to facilitate the work of an anesthesiologist requires implementation in clinical practice on an everyday base.

режиме реального времени, отображая расположение венозного русла [97]. Преимущества метода очевидны. Это уменьшение числа попыток пункции и, соответственно, таких осложнений как повреждение сосудистой стенки, развитие гематом, тромбозов, флебитов, эмболий, инфекционных осложнений [98]. Эффективность метода иллюстрирует исследование F. Chiao (2013). Он подтвердил, что у пациентов группы риска (пациенты с ожирением, смуглой кожей) визуализация сосудов при применении ИК-излучения была легче, чем при штатных попытках [99]. С другой стороны, в том же году J. de Graaf исследовал возможность канюляции сосудов с использованием ИК-излучения у детей. Действительно, визуализация упрощалась, что, однако, не увеличивало шансы успешной установки катетера [100]. Похожие данные представила O. van der Woude, в этом исследовании устройство для ИК-излучения представляло ограниченную пользу только у детей с исходно трудной канюляцией [101].

Заключение

Многообразие методов визуализации наделяет современного клинициста возможностью производить комплексную диагностику с быстрым получением результата. Периоперационное обеспечение безопасности напрямую связано с выполнением различных манипуляций и быстротой постановки диагноза у пациентов на операционном столе, в отделениях реанимации и интенсивной терапии и даже на месте происшествия или катастрофы. В таких ситуациях различные методы визуализации позволяют под контролем зрения быстро и точно, а зачастую прецизионно, выполнить манипуляцию без повреждения анатомических структур и, соответственно, без развития тяжелых осложнений. Не менее актуальной является задача быстрой постановки диагноза в

ургентной хирургии, когда от правильной тактики анестезиолога-реаниматолога зависит жизнь пациента. Все это позволяет думать, что визуализация, обеспечивающая более высокий уровень безопасности пациентов, является новым направлением в медицине.

Литература

1. Gupta P.K., Gupta K., Dwivedi A.N., Jain M. Potential role of ultrasound in anesthesia and intensive care. *Anesth. Essays Res.* 2011; 5 (1): 11–19. DOI: 10.4103/0259-1162.84172. PMID: 25885294
2. Conroy P.H., Luyet C., McCartney C.J., McHardy P.G. Real-time ultrasound-guided spinal anaesthesia: a prospective observational study of a new approach. *Anesthesiol. Res. Pract.* 2013; 2013: 525818. DOI: 10.1155/2013/525818. PMID: 23365568
3. Bouhemad B., Zhang M., Lu Q., Rouby J.J. Clinical review: bedside lung ultrasound in critical care practice. *Crit. Care.* 2007; 11 (1): 205. DOI: 10.1186/cc5668. PMID: 17316468
4. Mittal A.K., Gupta N. Intraoperative lung ultrasound: a clinicodynamic perspective. *J. Anaesthesiol. Clin. Pharmacol.* 2016; 32 (3): 288–297. DOI: 10.4103/0970-9185.188824. PMID: 27625474
5. Maecken T., Zinke H., Zenz M., Grau T. In welcher Weise sollte ein Anästhesist sonographieren können? *Anaesthesist.* 2011; 60 (3): 203–213. DOI: 10.1007/s00101-011-1869-0. PMID: 21506023
6. Vezzani A., Manca T., Vercelli A., Braghieri A., Magnacavallo A. Ultrasonography as a guide during vascular access procedures and in the diagnosis of complications. *J. Ultrasound.* 2013; 16 (4): 161–170. DOI: 10.1007/s40477-013-0046-5. PMID: 24432170
7. Ramai D., Zakhia K., Etienne D., Reddy M. Philipp Bozzini (1773–1809): the earliest description of endoscopy. *J. Med. Biogr.* 2018; 26 (2): 137–141. DOI: 10.1177/0967772018755587. PMID: 29405817
8. Shah J. Endoscopy through the ages. *BJU Int.* 2002; 89 (7): 645–652. DOI: 10.1046/j.1464-410x.2002.02726.x. PMID: 11966619
9. Hörmann K. Gustav Killian and his work – a dawn of endoscopy. *Nihon Kikan Shokudoka Gakkai Kaiho.* 1999; 50 (1): 31–36. DOI: 10.2468/jbes.50.31
10. Алиев А.В. История бронхоскопии. *Дальневосточный мед. журнал.* 2011; 3: 121–124.
11. Becker H. Dr. Friedel's respiration bronchoscope; a new special instrument for universal bronchoscopy including esophagoscopy. *Dtsch. Gesundheitsw.* 1956; 11 (7): 221–227. PMID: 13317541
12. Panchabhai T.S., Mehta A.C. Historical perspectives of bronchoscopy. Connecting the dots. *Ann. Am. Thorac. Soc.* 2015; 12 (5): 631–641. DOI: 10.1513/AnnalsATS.201502-089PS. PMID: 25965540
13. Schiffman G. Bronchoscopy procedure: definition & complications. *eMedicineHealth*; 2018. https://www.emedicinehealth.com/bronchoscopy/article_em.htm#what_is_bronchoscopy
14. Ikeda S., Yanai N., Ishikawa S. Flexible bronchofiberscope. *Keio J. Med.* 1968; 17 (1): 1–16. DOI: 10.2302/kjm.17.1. PMID: 5674435
15. Ahmed A., Azim A. Difficult tracheal intubation in critically ill. *J. Intensive Care.* 2018; 6: 49. DOI: 10.1186/s40560-018-0318-4. PMID: 30123510
16. Jain P., Chatrath V., Sharan R., Bala A., Ranjana, Sudha. The efficacy of combined regional nerve blocks in awake orotracheal fiberoptic intubation. *Anesth. Essays Res.* 2016; 10 (2): 255–261. DOI: 10.4103/0259-1162.171443. PMID: 27212757
17. Зайцев А.Ю., Дубровин К.В., Светлов В.А. Выбор метода интубации трахеи в восстановительно-реконструктивной челюстно-лицевой хирургии при «трудных дыхательных путях». *Анестезиология и реаниматология.* 2016; 61 (3): 173–177. DOI: 10.18821/0201-7563-2016-3-173-177. PMID: 29465200
18. Chen K.Y., Lin S.K., Hsiao C.L., Hsu W.T., Tsao S.L. Use of a video fiberoptic bronchoscope to assist double-lumen endobronchial tube intubation in a patient with a difficult airway. *Acta Anaesthesiol. Taiwan.* 2011; 49 (1): 26–28. DOI: 10.1016/j.aat.2011.02.002. PMID: 21453900
19. Izumo T., Sasada S., Aso T., Nasu K., Arai Y. (eds.). Respiratory endoscopy. Singapore: Springer Singapore; 2017: 299. DOI: 10.1007/978-981-287-916-5. ISBN 978-981-287-914-1
20. Груздев В.Е., Горобец Е.С., Афанасенков А.А. Новые возможности раздельной интубации при торакальных операциях у пациентов с измененной трахеобронхиальной анатомией. *Вестн. анестезиологии и реаниматологии.* 2018; 15 (1): 27–31. DOI: 10.21292/2078-5658-2018-15-1-27-31
21. Levy-Faber D., Malyanker Y., Nir R.R., Best L.A., Barak M. Comparison of VivaSight double-lumen tube with a conventional double-lumen tube in adult patients undergoing video-assisted thoracoscopic surgery. *Anaesthesia.* 2015; 70 (11): 1259–1263. DOI: 10.1111/anae.13177. PMID: 26192743

Таким образом, комплекс методов визуализации становится гораздо большим, нежели дополнительным инструментом, позволяющим облегчить работу анестезиолога, но отдельным направлением, требующим внедрения в повседневную практику.

References

1. Gupta P.K., Gupta K., Dwivedi A.N., Jain M. Potential role of ultrasound in anesthesia and intensive care. *Anesth. Essays Res.* 2011; 5 (1): 11–19. DOI: 10.4103/0259-1162.84172. PMID: 25885294
2. Conroy P.H., Luyet C., McCartney C.J., McHardy P.G. Real-time ultrasound-guided spinal anaesthesia: a prospective observational study of a new approach. *Anesthesiol. Res. Pract.* 2013; 2013: 525818. DOI: 10.1155/2013/525818. PMID: 23365568
3. Bouhemad B., Zhang M., Lu Q., Rouby J.J. Clinical review: bedside lung ultrasound in critical care practice. *Crit. Care.* 2007; 11 (1): 205. DOI: 10.1186/cc5668. PMID: 17316468
4. Mittal A.K., Gupta N. Intraoperative lung ultrasound: a clinicodynamic perspective. *J. Anaesthesiol. Clin. Pharmacol.* 2016; 32 (3): 288–297. DOI: 10.4103/0970-9185.188824. PMID: 27625474
5. Maecken T., Zinke H., Zenz M., Grau T. In welcher Weise sollte ein Anästhesist sonographieren können? *Anaesthesist.* 2011; 60 (3): 203–213. DOI: 10.1007/s00101-011-1869-0. PMID: 21506023
6. Vezzani A., Manca T., Vercelli A., Braghieri A., Magnacavallo A. Ultrasonography as a guide during vascular access procedures and in the diagnosis of complications. *J. Ultrasound.* 2013; 16 (4): 161–170. DOI: 10.1007/s40477-013-0046-5. PMID: 24432170
7. Ramai D., Zakhia K., Etienne D., Reddy M. Philipp Bozzini (1773–1809): the earliest description of endoscopy. *J. Med. Biogr.* 2018; 26 (2): 137–141. DOI: 10.1177/0967772018755587. PMID: 29405817
8. Shah J. Endoscopy through the ages. *BJU Int.* 2002; 89 (7): 645–652. DOI: 10.1046/j.1464-410x.2002.02726.x. PMID: 11966619
9. Hörmann K. Gustav Killian and his work – a dawn of endoscopy. *Nihon Kikan Shokudoka Gakkai Kaiho.* 1999; 50 (1): 31–36. DOI: 10.2468/jbes.50.31
10. Aliiev A.V. The history of bronchoscopy. *Dalnevostochnyi Meditsinskiy Zhurnal.* 2011; 3: 121–124. [In Russ.]
11. Becker H. Dr. Friedel's respiration bronchoscope; a new special instrument for universal bronchoscopy including esophagoscopy. *Dtsch. Gesundheitsw.* 1956; 11 (7): 221–227. PMID: 13317541
12. Panchabhai T.S., Mehta A.C. Historical perspectives of bronchoscopy. Connecting the dots. *Ann. Am. Thorac. Soc.* 2015; 12 (5): 631–641. DOI: 10.1513/AnnalsATS.201502-089PS. PMID: 25965540
13. Schiffman G. Bronchoscopy procedure: definition & complications. *eMedicineHealth*; 2018. https://www.emedicinehealth.com/bronchoscopy/article_em.htm#what_is_bronchoscopy
14. Ikeda S., Yanai N., Ishikawa S. Flexible bronchofiberscope. *Keio J. Med.* 1968; 17 (1): 1–16. DOI: 10.2302/kjm.17.1. PMID: 5674435
15. Ahmed A., Azim A. Difficult tracheal intubation in critically ill. *J. Intensive Care.* 2018; 6: 49. DOI: 10.1186/s40560-018-0318-4. PMID: 30123510
16. Jain P., Chatrath V., Sharan R., Bala A., Ranjana, Sudha. The efficacy of combined regional nerve blocks in awake orotracheal fiberoptic intubation. *Anesth. Essays Res.* 2016; 10 (2): 255–261. DOI: 10.4103/0259-1162.171443. PMID: 27212757
17. Zaytsev A.Yu., Dubrovin K.V., Svetlov V.A. The choice of tracheal intubation method in reconstructive maxillo-facial surgery with difficult airways. *Anesteziologiya i Reanimatologiya.* 2016; 61 (3): 173–177. DOI: 10.18821/0201-7563-2016-3-173-177. PMID: 29465200. [In Russ.]
18. Chen K.Y., Lin S.K., Hsiao C.L., Hsu W.T., Tsao S.L. Use of a video fiberoptic bronchoscope to assist double-lumen endobronchial tube intubation in a patient with a difficult airway. *Acta Anaesthesiol. Taiwan.* 2011; 49 (1): 26–28. DOI: 10.1016/j.aat.2011.02.002. PMID: 21453900
19. Izumo T., Sasada S., Aso T., Nasu K., Arai Y. (eds.). Respiratory endoscopy. Singapore: Springer Singapore; 2017: 299. DOI: 10.1007/978-981-287-916-5. ISBN 978-981-287-914-1
20. Gruzdev V.E., Gorobets E.S., Afanasenkov A.A. New opportunities of intubation with a double lumen tube during thoracic surgery in the patients with abnormal tracheobronchial anatomy. *Vestnik Anesteziologii i Reanimatologii.* 2018; 15 (1): 27–31. DOI: 10.21292/2078-5658-2018-15-1-27-31. [In Russ.]
21. Levy-Faber D., Malyanker Y., Nir R.R., Best L.A., Barak M. Comparison of VivaSight double-lumen tube with a conventional double-lumen tube in adult patients undergoing video-assisted thoracoscopic surgery. *Anaesthesia.* 2015; 70 (11): 1259–1263. DOI: 10.1111/anae.13177. PMID: 26192743

22. Koopman E.M., Barak M., Weber E., Valk M.J., de Schepper R.T., Bouwman R.A., Huitink J.M. Evaluation of a new double-lumen endobronchial tube with an integrated camera (VivaSight-DL™): a prospective multicentre observational study. *Anaesthesia*. 2015; 70 (8): 962-968. DOI: 10.1111/anae.13068. PMID: 25827168
23. Schuepbach R., Grande B., Camen G., Schmidt A.R., Fischer H., Sessler D.I., Seifert B., Spahn D.R., Ruetzler K. Intubation with VivaSight or conventional left-sided double-lumen tubes: a randomized trial. *Can. J. Anesth.* 2015; 62 (7): 762-769. DOI: 10.1007/s12630-015-0329-8. PMID: 25663254
24. Gawlowski P., Smereka J., Madzala M., Cohen B., Ruetzler K., Szarpak L. Comparison of the ETView Single Lumen and Macintosh laryngoscopes for endotracheal intubation in an airway manikin with immobilized cervical spine by novice paramedics: a randomized crossover manikin trial. *Medicine (Baltimore)*. 2017; 96 (16): e5873. DOI: 10.1097/md.0000000000005873. PMID: 28422820
25. Healy D.W., Maties O., Hovord D., Kheterpal S. A systematic review of the role of videolaryngoscopy in successful orotracheal intubation. *BMC Anesthesiol.* 2012; 12 (1). DOI: 10.1186/1471-2253-12-32. PMID: 23241277
26. Pieters B.M.A., Maas E.H.A., Knape J.T.A., van Zundert A.A.J. Videolaryngoscopy vs. direct laryngoscopy use by experienced anaesthetists in patients with known difficult airways: a systematic review and meta-analysis. *Anaesthesia*. 2017; 72 (12): 1532-1541. DOI: 10.1111/anae.14057. PMID: 28940354
27. Moore A., El-Bahrawy A., El-Mouallem E., Lattermann R., Hatzakorzian R., LiPishan W., Schrickler T. Videolaryngoscopy or fiberoptic bronchoscopy for awake intubation of bariatric patients with predicted difficult airways – a randomised, controlled trial. *Anaesthesia*. 2017; 72 (4): 538-539. DOI: 10.1111/anae.13850. PMID: 28297109
28. Wilson W.M., Smith A.F. The emerging role of awake videolaryngoscopy in airway management. *Anaesthesia*. 2018; 73 (9): 1058-1061. DOI: 10.1111/anae.14324. PMID: 29790150
29. Mould R.F. The early history of X-ray diagnosis with emphasis on the contributions of physics 1895-1915. *Phys. Med. Biol.* 1995; 40 (11): 1741-1787. DOI: 10.1088/0031-9155/40/11/001. PMID: 8587931
30. Doi K. Diagnostic imaging over the last 50 years: research and development in medical imaging science and technology. *Phys. Med. Biol.* 2006; 51 (13): R5-R27. DOI: 10.1088/0031-9155/51/13/r02. PMID: 16790920
31. Montalto M., Shay S., Le A. Evaluation of a mobile X-ray service for elderly residents of residential aged care facilities. *Aust. Health Rev.* 2015; 39 (5): 517. DOI: 10.1071/ah15059. PMID: 26072938
32. DeBoer S., Seaver M., Arndt K. Verification of endotracheal tube placement. *J. Emerg. Nurs.* 2003; 29 (5): 444-450. DOI: 10.1016/s0099-1767(03)00268-x. PMID: 14583718
33. Chiumello D., Froio S., Bouhemad B., Camporota L., Coppola S. Clinical review: lung imaging in acute respiratory distress syndrome patients – an update. *Crit. Care*. 2013; 17 (6): 243. DOI: 10.1186/cc13114. PMID: 24238477
34. Smith J.E., Hall E.J. The use of plain abdominal X-rays in the emergency department. *Emerg. Med. J.* 2009; 26 (3): 160-163. DOI: 10.1136/emj.2008.059113. PMID: 19234001
35. Sittig D.F., Ash J.S., Ledley R.S. The story behind the development of the first whole-body computerized tomography scanner as told by Robert S. Ledley. *J. Am. Med. Inform. Assoc.* 2006; 13 (5): 465-469. DOI: 10.1197/jamia.M2127. PMID: 16799115
36. Shuaib A., Khan K., Whittaker T., Amlani S., Crumley P. Introduction of portable computed tomography scanners, in the treatment of acute stroke patients via telemedicine in remote communities. *Int. J. Stroke*. 2010; 5 (2): 62-66. DOI: 10.1111/j.1747-4949.2010.00408.x. PMID: 20446937
37. Зайцев А.Ю., Назарян Д.Н., Ким С.Ю., Дубровин К.В., Светлов В.А., Ховерин В.В. Особенности нейровизуализации верхнее- и нижнечелюстного нерва при стволовых регионарных блокадах. От парестезии к 3D-КТ-наведению. *Анестезиология и реаниматология*. 2014; 2: 44-47. PMID: 25055493
38. Weininger M., Mills J.C., Rumboldt Z., Bonaldi G., Huda W., Cianfoni A. Accuracy of CT guidance of lumbar facet joint block. *AJR Am. J. Roentgenol.* 2013; 200 (3): 673-676. DOI: 10.2214/ajr.12.8829. PMID: 23436861
39. Greher M., Kirchmair L., Enna B., Kovacs P., Gustorff B., Kapral S., Moriggl B. Ultrasound-guided lumbar facet nerve block: accuracy of a new technique confirmed by computed tomography. *Anesthesiology*. 2004; 101 (5): 1195-1200. DOI: 10.1097/00000542-200411000-00020. PMID: 15505456
40. Han S.M., Kim S.H. A comparison of ultrasonic and X-ray methods for imaging the growth plate. *Proc. Inst. Mech. Eng. H.* 2005; 219 (4): 285-292. DOI: 10.1243/095441105x34284. PMID: 16050219
41. Perkins A.C., Yeoman P., Hindle A.J., Vincent R.M., Frier M., Winter R.J., Wastie M.L. Bedside nuclear medicine investigations in the intensive care unit. *Nucl. Med. Commun.* 1997; 18 (3): 262-268. DOI: 10.1097/00006231-199703000-00011. PMID: 9106781
42. Braunstein P., Song C.S. The uses and limitations of radiotopes in the investigation of gastrointestinal diseases. *Am. J. Dig. Dis.* 1975; 20 (1): 53-90. DOI: 10.1007/bf01073137. PMID: 1115053
22. Koopman E.M., Barak M., Weber E., Valk M.J., de Schepper R.T., Bouwman R.A., Huitink J.M. Evaluation of a new double-lumen endobronchial tube with an integrated camera (VivaSight-DL™): a prospective multicentre observational study. *Anaesthesia*. 2015; 70 (8): 962-968. DOI: 10.1111/anae.13068. PMID: 25827168
23. Schuepbach R., Grande B., Camen G., Schmidt A.R., Fischer H., Sessler D.I., Seifert B., Spahn D.R., Ruetzler K. Intubation with VivaSight or conventional left-sided double-lumen tubes: a randomized trial. *Can. J. Anesth.* 2015; 62 (7): 762-769. DOI: 10.1007/s12630-015-0329-8. PMID: 25663254
24. Gawlowski P., Smereka J., Madzala M., Cohen B., Ruetzler K., Szarpak L. Comparison of the ETView Single Lumen and Macintosh laryngoscopes for endotracheal intubation in an airway manikin with immobilized cervical spine by novice paramedics: a randomized crossover manikin trial. *Medicine (Baltimore)*. 2017; 96 (16): e5873. DOI: 10.1097/md.0000000000005873. PMID: 28422820
25. Healy D.W., Maties O., Hovord D., Kheterpal S. A systematic review of the role of videolaryngoscopy in successful orotracheal intubation. *BMC Anesthesiol.* 2012; 12 (1). DOI: 10.1186/1471-2253-12-32. PMID: 23241277
26. Pieters B.M.A., Maas E.H.A., Knape J.T.A., van Zundert A.A.J. Videolaryngoscopy vs. direct laryngoscopy use by experienced anaesthetists in patients with known difficult airways: a systematic review and meta-analysis. *Anaesthesia*. 2017; 72 (12): 1532-1541. DOI: 10.1111/anae.14057. PMID: 28940354
27. Moore A., El-Bahrawy A., El-Mouallem E., Lattermann R., Hatzakorzian R., LiPishan W., Schrickler T. Videolaryngoscopy or fiberoptic bronchoscopy for awake intubation of bariatric patients with predicted difficult airways – a randomised, controlled trial. *Anaesthesia*. 2017; 72 (4): 538-539. DOI: 10.1111/anae.13850. PMID: 28297109
28. Wilson W.M., Smith A.F. The emerging role of awake videolaryngoscopy in airway management. *Anaesthesia*. 2018; 73 (9): 1058-1061. DOI: 10.1111/anae.14324. PMID: 29790150
29. Mould R.F. The early history of X-ray diagnosis with emphasis on the contributions of physics 1895-1915. *Phys. Med. Biol.* 1995; 40 (11): 1741-1787. DOI: 10.1088/0031-9155/40/11/001. PMID: 8587931
30. Doi K. Diagnostic imaging over the last 50 years: research and development in medical imaging science and technology. *Phys. Med. Biol.* 2006; 51 (13): R5-R27. DOI: 10.1088/0031-9155/51/13/r02. PMID: 16790920
31. Montalto M., Shay S., Le A. Evaluation of a mobile X-ray service for elderly residents of residential aged care facilities. *Aust. Health Rev.* 2015; 39 (5): 517. DOI: 10.1071/ah15059. PMID: 26072938
32. DeBoer S., Seaver M., Arndt K. Verification of endotracheal tube placement. *J. Emerg. Nurs.* 2003; 29 (5): 444-450. DOI: 10.1016/s0099-1767(03)00268-x. PMID: 14583718
33. Chiumello D., Froio S., Bouhemad B., Camporota L., Coppola S. Clinical review: lung imaging in acute respiratory distress syndrome patients – an update. *Crit. Care*. 2013; 17 (6): 243. DOI: 10.1186/cc13114. PMID: 24238477
34. Smith J.E., Hall E.J. The use of plain abdominal X-rays in the emergency department. *Emerg. Med. J.* 2009; 26 (3): 160-163. DOI: 10.1136/emj.2008.059113. PMID: 19234001
35. Sittig D.F., Ash J.S., Ledley R.S. The story behind the development of the first whole-body computerized tomography scanner as told by Robert S. Ledley. *J. Am. Med. Inform. Assoc.* 2006; 13 (5): 465-469. DOI: 10.1197/jamia.M2127. PMID: 16799115
36. Shuaib A., Khan K., Whittaker T., Amlani S., Crumley P. Introduction of portable computed tomography scanners, in the treatment of acute stroke patients via telemedicine in remote communities. *Int. J. Stroke*. 2010; 5 (2): 62-66. DOI: 10.1111/j.1747-4949.2010.00408.x. PMID: 20446937
37. Zaytsev A.Yu., Nazaryan D.N., Kim S.Yu., Dubrovин K.V., Svetlov V.A., Chovrin V.V. Features of maxillary and mandibular nerves imaging during stem regional blockades. From paraesthesia to 3D-CT guidance. *Anesteziology i Reanimatologiya*. 2014; 2: 44-47. PMID: 25055493. [In Russ.]
38. Weininger M., Mills J.C., Rumboldt Z., Bonaldi G., Huda W., Cianfoni A. Accuracy of CT guidance of lumbar facet joint block. *AJR Am. J. Roentgenol.* 2013; 200 (3): 673-676. DOI: 10.2214/ajr.12.8829. PMID: 23436861
39. Greher M., Kirchmair L., Enna B., Kovacs P., Gustorff B., Kapral S., Moriggl B. Ultrasound-guided lumbar facet nerve block: accuracy of a new technique confirmed by computed tomography. *Anesthesiology*. 2004; 101 (5): 1195-1200. DOI: 10.1097/00000542-200411000-00020. PMID: 15505456
40. Han S.M., Kim S.H. A comparison of ultrasonic and X-ray methods for imaging the growth plate. *Proc. Inst. Mech. Eng. H.* 2005; 219 (4): 285-292. DOI: 10.1243/095441105x34284. PMID: 16050219
41. Perkins A.C., Yeoman P., Hindle A.J., Vincent R.M., Frier M., Winter R.J., Wastie M.L. Bedside nuclear medicine investigations in the intensive care unit. *Nucl. Med. Commun.* 1997; 18 (3): 262-268. DOI: 10.1097/00006231-199703000-00011. PMID: 9106781
42. Braunstein P., Song C.S. The uses and limitations of radiotopes in the investigation of gastrointestinal diseases. *Am. J. Dig. Dis.* 1975; 20 (1): 53-90. DOI: 10.1007/bf01073137. PMID: 1115053

43. Frier M., Ellis J., Aslam M. Stability of radiopharmaceuticals during administration to the intensive care patient. *J. Clin. Pharm. Ther.* 1996; 21 (3): 149-153. DOI: 10.1111/j.1365-2710.1996.tb00014.x. PMID: 8873847
44. Jones J.G., Wardrop C.A. Measurement of blood volume in surgical and intensive care practice. *Br. J. Anaesth.* 2000; 84 (2): 226-235. DOI: 10.1093/oxfordjournals.bja.a013407. PMID: 10743457
45. Iijima T., Iwao Y., Sankawa H. Circulating blood volume measured by pulse dye-densitometry: comparison with (131)I-HSA analysis. *Anesthesiology.* 1998; 89 (6): 1329-1335. DOI: 10.1097/0000542-199809160-00052. PMID: 9856706
46. Baker J. The history of sonographers. *J. Ultrasound Med.* 2005; 24 (1): 1-14. DOI: 10.7863/jum.2005.24.1.1. PMID: 15615923
47. Dietrich C.F., Horn R., Morf S., Chiorean L., Dong Y., Cui X.W., Atkinson N.S., Jenssen C. Ultrasound-guided central vascular interventions, comments on the European Federation of Societies for Ultrasound in Medicine and Biology guidelines on interventional ultrasound. *J. Thorac. Dis.* 2016; 8 (9): E851-E868. DOI: 10.21037/jtd.2016.08.49. PMID: 27747022
48. Jensen R., Radojicic A., Yri H. The diagnosis and management of idiopathic intracranial hypertension and the associated headache. *Ther. Adv. Neurol. Disord.* 2016; 9 (4): 317-326. DOI: 10.1177/1756285616635987. PMID: 27366239
49. Hylkema C. Optic nerve sheath diameter ultrasound and the diagnosis of increased intracranial pressure. *Crit. Care Nurs. Clin. North Am.* 2016; 28 (1): 95-99. DOI: 10.1016/j.cnc.2015.10.005. PMID: 26873762
50. Cammarata G., Ristagno G., Cammarata A., Mannanici G., Denaro C., Gullo A. Ocular ultrasound to detect intracranial hypertension in trauma patients. *J. Trauma.* 2011; 71 (3): 779-781. DOI: 10.1097/ta.0b013e3182220673. PMID: 21909008
51. Maissan I.M., Dirven P.J., Haitsma I.K., Hoeks S.E., Gommers D., Stolker R.J. Ultrasonographic measured optic nerve sheath diameter as an accurate and quick monitor for changes in intracranial pressure. *J. Neurosurg.* 2015; 123 (3): 743-747. DOI: 10.3171/2014.10.jns141197. PMID: 25955869
52. Goel R.S., Goyal N.K., Dharap S.B., Kumar M., Gore M.A. Utility of optic nerve ultrasound in head injury. *Injury.* 2008; 39 (5): 519-524. DOI: 10.1016/j.injury.2007.09.029. PMID: 18325519
53. Irazuzta J.E., Brown M.E., Akhtar J. Bedside optic nerve sheath diameter assessment in the identification of increased intracranial pressure in suspected idiopathic intracranial hypertension. *Pediatr. Neurol.* 2016; 54: 35-38. DOI: 10.1016/j.pediatrneurol.2015.08.009. PMID: 26481981
54. del Saz-Saucedo P., Redondo-González O., Mateu-Mateu Á., Huertas-Arroyo R., García-Ruiz R., Botía-Paniagua E. Sonographic assessment of the optic nerve sheath diameter in the diagnosis of idiopathic intracranial hypertension. *J. Neurol. Sci.* 2016; 361: 122-127. DOI: 10.1016/j.jns.2015.12.032. PMID: 26810528
55. Le A., Hoehn M.E., Smith M.E., Spentzas T., Schlappy D., Pershad J. Bedside sonographic measurement of optic nerve sheath diameter as a predictor of increased intracranial pressure in children. *Ann. Emerg. Med.* 2009; 53 (6): 785-791. DOI: 10.1016/j.annemergmed.2008.11.025. PMID: 19167786
56. Miller A. Practical approach to lung ultrasound. *BJA Education.* 2016; 16 (2): 39-45. DOI: 10.1093/bjaceaccp/mkv012
57. Saraogi A. Lung ultrasound: present and future. *Lung India.* 2015; 32 (3): 250-257. DOI: 10.4103/0970-2113.156245. PMID: 25983411
58. Husain L.F., Hagopian L., Wayman D., Baker W.E., Carmody K.A. Sonographic diagnosis of pneumothorax. *J. Emerg. Trauma Shock.* 2012; 5 (1): 76-81. DOI: 10.4103/0974-2700.93116. PMID: 22416161
59. Flato U., Guimarães H., Petisco G., Bezerra F., Cavalcante A., Berwanger O. Use of lung ultrasonography in the detection of pneumothorax among medical students and emergency physician. *Crit. Care.* 2011; 15 (Suppl 2): P46. DOI: 10.1186/cc10194
60. Yang P.C., Luh K.T., Chang D.B., Wu H.D., Yu C.J., Kuo S.H. Value of sonography in determining the nature of pleural effusion: analysis of 320 cases. *AJR Am. J. Roentgenol.* 1992; 159 (1): 29-33. DOI: 10.2214/ajr.159.1.1609716. PMID: 1609716
61. Vignon P., Chastagner C., Berkane V., Chardac E., François B., Normand S., Bonnicard M., Clavel M., Pichon N., Preux P.M., Maubon A., Gastinne H. Quantitative assessment of pleural effusion in critically ill patients by means of ultrasonography. *Crit. Care Med.* 2005; 33 (8): 1757-1763. DOI: 10.1097/01.ccm.0000171532.02639.08. PMID: 16096453
62. Xirouchaki N., Magkanas E., Vaporidi K., Kondili E., Plataki M., Patrianakos A., Akoumianaki E., Georgopoulos D. Lung ultrasound in critically ill patients: comparison with bedside chest radiography. *Intensive Care Med.* 2011; 37 (9): 1488-1493. DOI: 10.1007/s00134-011-2317-y. PMID: 21809107
63. Lichtenstein D.A., Mezière G.A. Relevance of lung ultrasound in the diagnosis of acute respiratory failure: the BLUE protocol. *Chest.* 2008; 134 (1): 117-125. DOI: 10.1378/chest.07-2800. PMID: 18403664
64. Copetti R., Soldati G., Copetti P. Chest sonography: a useful tool to differentiate acute cardiogenic pulmonary edema from acute respiratory distress syndrome. *Cardiovasc. Ultrasound.* 2008; 6: 16. DOI: 10.1186/1476-7120-6-16. PMID: 18442425
43. Frier M., Ellis J., Aslam M. Stability of radiopharmaceuticals during administration to the intensive care patient. *J. Clin. Pharm. Ther.* 1996; 21 (3): 149-153. DOI: 10.1111/j.1365-2710.1996.tb00014.x. PMID: 8873847
44. Jones J.G., Wardrop C.A. Measurement of blood volume in surgical and intensive care practice. *Br. J. Anaesth.* 2000; 84 (2): 226-235. DOI: 10.1093/oxfordjournals.bja.a013407. PMID: 10743457
45. Iijima T., Iwao Y., Sankawa H. Circulating blood volume measured by pulse dye-densitometry: comparison with (131)I-HSA analysis. *Anesthesiology.* 1998; 89 (6): 1329-1335. DOI: 10.1097/0000542-199809160-00052. PMID: 9856706
46. Baker J. The history of sonographers. *J. Ultrasound Med.* 2005; 24 (1): 1-14. DOI: 10.7863/jum.2005.24.1.1. PMID: 15615923
47. Dietrich C.F., Horn R., Morf S., Chiorean L., Dong Y., Cui X.W., Atkinson N.S., Jenssen C. Ultrasound-guided central vascular interventions, comments on the European Federation of Societies for Ultrasound in Medicine and Biology guidelines on interventional ultrasound. *J. Thorac. Dis.* 2016; 8 (9): E851-E868. DOI: 10.21037/jtd.2016.08.49. PMID: 27747022
48. Jensen R., Radojicic A., Yri H. The diagnosis and management of idiopathic intracranial hypertension and the associated headache. *Ther. Adv. Neurol. Disord.* 2016; 9 (4): 317-326. DOI: 10.1177/1756285616635987. PMID: 27366239
49. Hylkema C. Optic nerve sheath diameter ultrasound and the diagnosis of increased intracranial pressure. *Crit. Care Nurs. Clin. North Am.* 2016; 28 (1): 95-99. DOI: 10.1016/j.cnc.2015.10.005. PMID: 26873762
50. Cammarata G., Ristagno G., Cammarata A., Mannanici G., Denaro C., Gullo A. Ocular ultrasound to detect intracranial hypertension in trauma patients. *J. Trauma.* 2011; 71 (3): 779-781. DOI: 10.1097/ta.0b013e3182220673. PMID: 21909008
51. Maissan I.M., Dirven P.J., Haitsma I.K., Hoeks S.E., Gommers D., Stolker R.J. Ultrasonographic measured optic nerve sheath diameter as an accurate and quick monitor for changes in intracranial pressure. *J. Neurosurg.* 2015; 123 (3): 743-747. DOI: 10.3171/2014.10.jns141197. PMID: 25955869
52. Goel R.S., Goyal N.K., Dharap S.B., Kumar M., Gore M.A. Utility of optic nerve ultrasound in head injury. *Injury.* 2008; 39 (5): 519-524. DOI: 10.1016/j.injury.2007.09.029. PMID: 18325519
53. Irazuzta J.E., Brown M.E., Akhtar J. Bedside optic nerve sheath diameter assessment in the identification of increased intracranial pressure in suspected idiopathic intracranial hypertension. *Pediatr. Neurol.* 2016; 54: 35-38. DOI: 10.1016/j.pediatrneurol.2015.08.009. PMID: 26481981
54. del Saz-Saucedo P., Redondo-González O., Mateu-Mateu Á., Huertas-Arroyo R., García-Ruiz R., Botía-Paniagua E. Sonographic assessment of the optic nerve sheath diameter in the diagnosis of idiopathic intracranial hypertension. *J. Neurol. Sci.* 2016; 361: 122-127. DOI: 10.1016/j.jns.2015.12.032. PMID: 26810528
55. Le A., Hoehn M.E., Smith M.E., Spentzas T., Schlappy D., Pershad J. Bedside sonographic measurement of optic nerve sheath diameter as a predictor of increased intracranial pressure in children. *Ann. Emerg. Med.* 2009; 53 (6): 785-791. DOI: 10.1016/j.annemergmed.2008.11.025. PMID: 19167786
56. Miller A. Practical approach to lung ultrasound. *BJA Education.* 2016; 16 (2): 39-45. DOI: 10.1093/bjaceaccp/mkv012
57. Saraogi A. Lung ultrasound: present and future. *Lung India.* 2015; 32 (3): 250-257. DOI: 10.4103/0970-2113.156245. PMID: 25983411
58. Husain L.F., Hagopian L., Wayman D., Baker W.E., Carmody K.A. Sonographic diagnosis of pneumothorax. *J. Emerg. Trauma Shock.* 2012; 5 (1): 76-81. DOI: 10.4103/0974-2700.93116. PMID: 22416161
59. Flato U., Guimarães H., Petisco G., Bezerra F., Cavalcante A., Berwanger O. Use of lung ultrasonography in the detection of pneumothorax among medical students and emergency physician. *Crit. Care.* 2011; 15 (Suppl 2): P46. DOI: 10.1186/cc10194
60. Yang P.C., Luh K.T., Chang D.B., Wu H.D., Yu C.J., Kuo S.H. Value of sonography in determining the nature of pleural effusion: analysis of 320 cases. *AJR Am. J. Roentgenol.* 1992; 159 (1): 29-33. DOI: 10.2214/ajr.159.1.1609716. PMID: 1609716
61. Vignon P., Chastagner C., Berkane V., Chardac E., François B., Normand S., Bonnicard M., Clavel M., Pichon N., Preux P.M., Maubon A., Gastinne H. Quantitative assessment of pleural effusion in critically ill patients by means of ultrasonography. *Crit. Care Med.* 2005; 33 (8): 1757-1763. DOI: 10.1097/01.ccm.0000171532.02639.08. PMID: 16096453
62. Xirouchaki N., Magkanas E., Vaporidi K., Kondili E., Plataki M., Patrianakos A., Akoumianaki E., Georgopoulos D. Lung ultrasound in critically ill patients: comparison with bedside chest radiography. *Intensive Care Med.* 2011; 37 (9): 1488-1493. DOI: 10.1007/s00134-011-2317-y. PMID: 21809107
63. Lichtenstein D.A., Mezière G.A. Relevance of lung ultrasound in the diagnosis of acute respiratory failure: the BLUE protocol. *Chest.* 2008; 134 (1): 117-125. DOI: 10.1378/chest.07-2800. PMID: 18403664
64. Copetti R., Soldati G., Copetti P. Chest sonography: a useful tool to differentiate acute cardiogenic pulmonary edema from acute respiratory distress syndrome. *Cardiovasc. Ultrasound.* 2008; 6: 16. DOI: 10.1186/1476-7120-6-16. PMID: 18442425

65. Lichtenstein D., Goldstein I., Mourgeon E., Cluzel P., Grenier P., Rouby J.J. Comparative diagnostic performances of auscultation, chest radiography, and lung ultrasonography in acute respiratory distress syndrome. *Anesthesiology*. 2004; 100 (1): 9-15. DOI: 10.1097/00000542-200401000-00006. PMID: 14695718
66. Mathis G., Blank W., Reissig A., Lechleitner P., Reuss J., Schuler A., Beckh S. Thoracic ultrasound for diagnosing pulmonary embolism. *Chest*. 2005; 128 (3): 1531-1538. DOI: 10.1378/chest.128.3.1531. PMID: 16162754
67. Squizzato A., Rancan E., Dentali F., Bonzini M., Guasti L., Steidl L., Mathis G., Ageno W. Diagnostic accuracy of lung ultrasound for pulmonary embolism: a systematic review and meta-analysis. *J. Thromb. Haemost.* 2013; 11 (7): 1269-1278. DOI: 10.1111/jth.12232. PMID: 23574640
68. Kundra P., Mishra S.K., Ramesh A. Ultrasound of the airway. *Indian J. Anaesth.* 2011; 55 (5): 456. DOI: 10.4103/0019-5049.89868. PMID: 22174461
69. Ezri T., Gewürtz G., Sessler D.I., Medalion B., Szmuk P., Hagberg C., Susmalian S. Prediction of difficult laryngoscopy in obese patients by ultrasound quantification of anterior neck soft tissue. *Anaesthesia*. 2003; 58 (11): 1111-1114. DOI: 10.1046/j.1365-2044.2003.03412.x. PMID: 14616599
70. Adhikari S., Zeger W., Schmier C., Crum T., Craven A., Ffrokaj I., Pang H., Shostrom V. Pilot study to determine the utility of point-of-care ultrasound in the assessment of difficult laryngoscopy. *Acad. Emerg. Med.* 2011; 18 (7): 754-758. DOI: 10.1111/j.1553-2712.2011.01099.x. PMID: 21707828
71. Hui C.M., Tsui B.C. Sublingual ultrasound as an assessment method for predicting difficult intubation: a pilot study. *Anaesthesia*. 2014; 69 (4): 314-319. DOI: 10.1111/anae.12598. PMID: 24641637
72. Terkawi A.S., Karakitsos D., Elbarbary M., Blaivas M., Durieux M.E. Ultrasound for the anesthesiologists: present and future. *Sci. World J.* 2013; 2013: 683685. DOI: 10.1155/2013/683685. PMID: 24348179
73. Narasimhan M., Koenig S.J., Mayo P.H. A whole-body approach to point of care ultrasound. *Chest*. 2016; 150 (4): 772-776. DOI: 10.1016/j.chest.2016.07.040. PMID: 27568582
74. Beaulieu Y. Bedside echocardiography in the assessment of the critically ill. *Crit. Care Med.* 2007; 35 (5 Suppl): S235-S249. DOI: 10.1097/01.CCM.0000260673.66681.AF. PMID: 17446784
75. Hodgson L.E., Forni L.G., Venn R., Samuels T.L., Wakeling H.G. A comparison of the non-invasive ultrasonic cardiac output monitor (USCOM) with the oesophageal Doppler monitor during major abdominal surgery. *J. Intensive Care Soc.* 2015; 17 (2): 103-110. DOI: 10.1177/1751143715610785. PMID: 28979473
76. Mark J.B., Steinbrook R.A., Gugino L.D., Maddi R., Hartwell B., Shemin R., DiSesa V., Rida W.N. Continuous noninvasive monitoring of cardiac output with esophageal Doppler ultrasound during cardiac surgery. *Anesth. Analg.* 1986; 65 (10): 1013-1020. DOI: 10.1213/00000539-198610000-00004. PMID: 3530048
77. Knirsch W., Kretschmar O., Tomaske M., Stutz K., Nagdyman N., Balmer C., Schmitz A., Bëttx D., Berger F., Bauersfeld U., Weiss M. Cardiac output measurement in children: comparison of the ultrasound cardiac output monitor with thermodilution cardiac output measurement. *Intensive Care Med.* 2008; 34 (6): 1060-1064. DOI: 10.1007/s00134-008-1030-y. PMID: 18297271
78. Wong L.S., Yong B.H., Young K.K., Lau L.S., Cheng K.L., Man J.S., Irwin M.G. Comparison of the USCOM ultrasound cardiac output monitor with pulmonary artery catheter thermodilution in patients undergoing liver transplantation. *Liver Transpl.* 2008; 14 (7): 1038-1043. DOI: 10.1002/lt.21483. PMID: 18581504
79. Myers S.J., Kelly T.E., Stowell J.R. Successful point-of-care ultrasound-guided treatment of submassive pulmonary embolism. *Clin. Pract. Cases Emerg. Med.* 2017; 1 (4): 340-344. DOI: 10.5811/cpcem.2017.7.34504. PMID: 29849348
80. Kohut A.R., Vecchio C., Adam D., Lewin P.A. The potential of ultrasound in cardiac pacing and rhythm modulation. *Expert. Rev. Med. Devices.* 2016; 13 (9): 815-822. DOI: 10.1080/17434440.2016.1217772. PMID: 27479872
81. Rahman N.H., Ahmad R., Kareem M.M., Mohammed M.I. Ultrasonographic assessment of inferior vena cava/abdominal aorta diameter index: a new approach of assessing hypovolemic shock class 1. *Int. J. Emerg. Med.* 2016; 9 (1): 8. DOI: 10.1186/s12245-016-0101-z. PMID: 26894896
82. Васковская О.В., Шаназаров Н.А., Дигаи Л.К., Асабаева Р.И., Кокосшко А.И., Крикус Л.К. Роль ультразвукового исследования в оценке волемического статуса при геморрагическом шоке в онкогинекологии. *Томский мед. журнал.* 2012; 4: 28-29.
83. Ciccone T.J., Grossman S.A. Cardiac ultrasound. *Emerg. Med. Clin. North Am.* 2004; 22 (3): 621-640. DOI: 10.1016/j.emc.2004.04.012. PMID: 15301842
84. Holm J.H., Frederiksen C.A., Juhl-Olsen P., Sloth E. Perioperative use of focus assessed transthoracic echocardiography (FATE). *Anesth. Analg.* 2012; 115 (5): 1029-1032. DOI: 10.1213/ane.0b013e31826dd867. PMID: 23051882
85. Breittkreutz R., Price S., Steiger H.V., Seeger F.H., Ilper H., Ackermann H., Rudolph M., Uddin S., Weigand M.A., Müller E., Walcher F.; Emergency Ult-
65. Lichtenstein D., Goldstein I., Mourgeon E., Cluzel P., Grenier P., Rouby J.J. Comparative diagnostic performances of auscultation, chest radiography, and lung ultrasonography in acute respiratory distress syndrome. *Anesthesiology*. 2004; 100 (1): 9-15. DOI: 10.1097/00000542-200401000-00006. PMID: 14695718
66. Mathis G., Blank W., Reissig A., Lechleitner P., Reuss J., Schuler A., Beckh S. Thoracic ultrasound for diagnosing pulmonary embolism. *Chest*. 2005; 128 (3): 1531-1538. DOI: 10.1378/chest.128.3.1531. PMID: 16162754
67. Squizzato A., Rancan E., Dentali F., Bonzini M., Guasti L., Steidl L., Mathis G., Ageno W. Diagnostic accuracy of lung ultrasound for pulmonary embolism: a systematic review and meta-analysis. *J. Thromb. Haemost.* 2013; 11 (7): 1269-1278. DOI: 10.1111/jth.12232. PMID: 23574640
68. Kundra P., Mishra S.K., Ramesh A. Ultrasound of the airway. *Indian J. Anaesth.* 2011; 55 (5): 456. DOI: 10.4103/0019-5049.89868. PMID: 22174461
69. Ezri T., Gewürtz G., Sessler D.I., Medalion B., Szmuk P., Hagberg C., Susmalian S. Prediction of difficult laryngoscopy in obese patients by ultrasound quantification of anterior neck soft tissue. *Anaesthesia*. 2003; 58 (11): 1111-1114. DOI: 10.1046/j.1365-2044.2003.03412.x. PMID: 14616599
70. Adhikari S., Zeger W., Schmier C., Crum T., Craven A., Ffrokaj I., Pang H., Shostrom V. Pilot study to determine the utility of point-of-care ultrasound in the assessment of difficult laryngoscopy. *Acad. Emerg. Med.* 2011; 18 (7): 754-758. DOI: 10.1111/j.1553-2712.2011.01099.x. PMID: 21707828
71. Hui C.M., Tsui B.C. Sublingual ultrasound as an assessment method for predicting difficult intubation: a pilot study. *Anaesthesia*. 2014; 69 (4): 314-319. DOI: 10.1111/anae.12598. PMID: 24641637
72. Terkawi A.S., Karakitsos D., Elbarbary M., Blaivas M., Durieux M.E. Ultrasound for the anesthesiologists: present and future. *Sci. World J.* 2013; 2013: 683685. DOI: 10.1155/2013/683685. PMID: 24348179
73. Narasimhan M., Koenig S.J., Mayo P.H. A whole-body approach to point of care ultrasound. *Chest*. 2016; 150 (4): 772-776. DOI: 10.1016/j.chest.2016.07.040. PMID: 27568582
74. Beaulieu Y. Bedside echocardiography in the assessment of the critically ill. *Crit. Care Med.* 2007; 35 (5 Suppl): S235-S249. DOI: 10.1097/01.CCM.0000260673.66681.AF. PMID: 17446784
75. Hodgson L.E., Forni L.G., Venn R., Samuels T.L., Wakeling H.G. A comparison of the non-invasive ultrasonic cardiac output monitor (USCOM) with the oesophageal Doppler monitor during major abdominal surgery. *J. Intensive Care Soc.* 2015; 17 (2): 103-110. DOI: 10.1177/1751143715610785. PMID: 28979473
76. Mark J.B., Steinbrook R.A., Gugino L.D., Maddi R., Hartwell B., Shemin R., DiSesa V., Rida W.N. Continuous noninvasive monitoring of cardiac output with esophageal Doppler ultrasound during cardiac surgery. *Anesth. Analg.* 1986; 65 (10): 1013-1020. DOI: 10.1213/00000539-198610000-00004. PMID: 3530048
77. Knirsch W., Kretschmar O., Tomaske M., Stutz K., Nagdyman N., Balmer C., Schmitz A., Bëttx D., Berger F., Bauersfeld U., Weiss M. Cardiac output measurement in children: comparison of the ultrasound cardiac output monitor with thermodilution cardiac output measurement. *Intensive Care Med.* 2008; 34 (6): 1060-1064. DOI: 10.1007/s00134-008-1030-y. PMID: 18297271
78. Wong L.S., Yong B.H., Young K.K., Lau L.S., Cheng K.L., Man J.S., Irwin M.G. Comparison of the USCOM ultrasound cardiac output monitor with pulmonary artery catheter thermodilution in patients undergoing liver transplantation. *Liver Transpl.* 2008; 14 (7): 1038-1043. DOI: 10.1002/lt.21483. PMID: 18581504
79. Myers S.J., Kelly T.E., Stowell J.R. Successful point-of-care ultrasound-guided treatment of submassive pulmonary embolism. *Clin. Pract. Cases Emerg. Med.* 2017; 1 (4): 340-344. DOI: 10.5811/cpcem.2017.7.34504. PMID: 29849348
80. Kohut A.R., Vecchio C., Adam D., Lewin P.A. The potential of ultrasound in cardiac pacing and rhythm modulation. *Expert. Rev. Med. Devices.* 2016; 13 (9): 815-822. DOI: 10.1080/17434440.2016.1217772. PMID: 27479872
81. Rahman N.H., Ahmad R., Kareem M.M., Mohammed M.I. Ultrasonographic assessment of inferior vena cava/abdominal aorta diameter index: a new approach of assessing hypovolemic shock class 1. *Int. J. Emerg. Med.* 2016; 9 (1): 8. DOI: 10.1186/s12245-016-0101-z. PMID: 26894896
82. Vaskovskaya O.V., Shanazarov N.A., Digai L.K., Asabaeva R.I., Kokosшко A.I., Kriskus L.K. The role of ultrasound in the assessment of volemic status in hemorrhagic shock in gynecology. *Tjumensky Meditsinsky Zhurnal.* 2012; 4: 28-29. [In Russ.]
83. Ciccone T.J., Grossman S.A. Cardiac ultrasound. *Emerg. Med. Clin. North Am.* 2004; 22 (3): 621-640. DOI: 10.1016/j.emc.2004.04.012. PMID: 15301842
84. Holm J.H., Frederiksen C.A., Juhl-Olsen P., Sloth E. Perioperative use of focus assessed transthoracic echocardiography (FATE). *Anesth. Analg.* 2012; 115 (5): 1029-1032. DOI: 10.1213/ane.0b013e31826dd867. PMID: 23051882
85. Breittkreutz R., Price S., Steiger H.V., Seeger F.H., Ilper H., Ackermann H., Rudolph M., Uddin S., Weigand M.A., Müller E., Walcher F.; Emergency Ult-

- rasound Working Group of the Johann Wolfgang Goethe-University Hospital, Frankfurt am Main. Focused echocardiographic evaluation in life support and peri-resuscitation of emergency patients: a prospective trial. *Resuscitation*. 2010; 81 (11): 1527-1533. DOI: 10.1016/j.resuscitation.2010.07.013. PMID: 20801576
86. Andrus P, Dean A. Focused cardiac ultrasound. *Glob. Heart*. 2013; 8 (4): 299-303. DOI: 10.1016/j.gheart.2013.12.003. PMID: 25690630
87. Langan M.L., Emerson B.L., Nett S., Pinto M., Harwayne-Gidansky I., Rehder K.J., Krawiec C., Meyer K., Giuliano J.S.Jr., Owen E.B., Tarquinio K.M., Sanders R.C.Jr., Shepherd M., Bysani G.K., Sheno A.N., Napolitano N., Gangadharan S., Parsons S.J., Simon D.W., Nadkarni V.M., Nishisaki A.; for Pediatric Acute Lung Injury and Sepsis Investigators (PALISI) and National Emergency Airway Registry for Children (NEAR4KIDS) Investigators. End-tidal carbon dioxide use for tracheal intubation: analysis from the National Emergency Airway Registry for children (NEAR4KIDS) registry. *Pediatr. Crit. Care Med*. 2018; 19 (2): 98-105. DOI: 10.1097/pcc.0000000000001372. PMID: 29140968
88. Weaver B., Lyon M., Blaiwas M. Confirmation of endotracheal tube placement after intubation using the ultrasound sliding lung sign. *Acad. Emerg. Med*. 2006; 13 (3): 239-244. DOI: 10.1197/j.aem.2005.08.014. PMID: 16495415
89. Pfeiffer P., Rudolph S.S., Borglum J., Isbye D.L. Temporal comparison of ultrasound vs. auscultation and capnography in verification of endotracheal tube placement. *Acta Anaesthesiol. Scand*. 2011; 55 (10): 1190-1195. DOI: 10.1111/j.1399-6576.2011.02501.x. PMID: 22092123
90. Ravi P.R., Vijay M.N. Real time ultrasound-guided percutaneous tracheostomy: is it a better option than bronchoscopic guided percutaneous tracheostomy? *Med. J. Armed Forces India*. 2015; 71 (2): 158-164. DOI: 10.1016/j.mjafi.2015.01.013. PMID: 25859079
91. Dinsmore J., Heard A.M., Green R.J. The use of ultrasound to guide time-critical cannula tracheotomy when anterior neck airway anatomy is unidentifiable. *Eur. J. Anaesthesiol*. 2011; 28 (7): 506-510. DOI: 10.1097/eja.0b013e328344b4e1. PMID: 21423020
92. Zuñiga W., Sanabria F., de Mejia C. Internal jugular vein cannulation: how much safety can we offer? *Colomb. J. Anesthesiol*. 2015; 43 (1): 76-86. DOI: 10.1016/j.rcac.2014.10.001
93. Brass P., Hellmich M., Kolodziej L., Schick G., Smith A.F. Ultrasound guidance versus anatomical landmarks for internal jugular vein catheterization. *Cochrane Database Syst. Rev*. 2015; 1: CD006962. DOI: 10.1002/14651858.cd006962.pub2. PMID: 25575244
94. Marhofer P., Fritsch G. Safe performance of peripheral regional anaesthesia: the significance of ultrasound guidance. *Anaesthesia*. 2017; 72 (4): 431-434. DOI: 10.1111/anae.13831. PMID: 28185241
95. Callahan J.A., Seward J.B., Tajik A.J. Cardiac tamponade: pericardiocentesis directed by two-dimensional echocardiography. *Mayo Clin. Proc*. 1985; 60 (5): 344-347. DOI: 10.1016/s0025-6196(12)60541-2. PMID: 3990381
96. Strehle E.M. Making the invisible visible: near-infrared spectroscopy and phlebotomy in children. *Telemed. J. E. Health*. 2010; 16 (8): 889-893. DOI: 10.1089/tmj.2010.0061. PMID: 20925568
97. Juric S., Zalik B. An innovative approach to near-infrared spectroscopy using a standard mobile device and its clinical application in the real-time visualization of peripheral veins. *BMC Med. Inform. Decis. Mak*. 2014; 14: 100. DOI: 10.1186/s12911-014-0100-z. PMID: 25421099
98. Guillon P., Makhloufi M., Baillie S., Roucoulet C., Dolimier E., Masquelier A.M. Prospective evaluation of venous access difficulty and a near-infrared vein visualizer at four French haemophilia treatment centres. *Haemophilia*. 2014; 21 (1): 21-26. DOI: 10.1111/hae.12513. PMID: 25335191
99. Chiao F.B., Resta-Flarer F., Lesser J., Ng J., Ganz A., Pino-Luey D., Bennett H., Perkins C.Jr., Witek B. Vein visualization: patient characteristic factors and efficacy of a new infrared vein finder technology. *Br. J. Anaesth*. 2013; 110 (6): 966-971. DOI: 10.1093/bja/aet003. PMID: 23384732
100. de Graaff J.C., Cuper N.J., Mungra R.A., Vlaardingerbroek K., Numan S.C., Kalkman C.J. Near-infrared light to aid peripheral intravenous cannulation in children: a cluster randomised clinical trial of three devices. *Anaesthesia*. 2013; 68 (8): 835-845. DOI: 10.1111/anae.12294. PMID: 23763614
101. van der Woude O.C., Cuper N.J., Getrouw C., Kalkman C.J., de Graaff J.C. The effectiveness of a near-infrared vascular imaging device to support intravenous cannulation in children with dark skin color. *Anesth. Analg*. 2013; 116 (6): 1266-1271. DOI: 10.1213/ANE.0b013e31828e5bde. PMID: 23649104
- rasound Working Group of the Johann Wolfgang Goethe-University Hospital, Frankfurt am Main. Focused echocardiographic evaluation in life support and peri-resuscitation of emergency patients: a prospective trial. *Resuscitation*. 2010; 81 (11): 1527-1533. DOI: 10.1016/j.resuscitation.2010.07.013. PMID: 20801576
86. Andrus P, Dean A. Focused cardiac ultrasound. *Glob. Heart*. 2013; 8 (4): 299-303. DOI: 10.1016/j.gheart.2013.12.003. PMID: 25690630
87. Langan M.L., Emerson B.L., Nett S., Pinto M., Harwayne-Gidansky I., Rehder K.J., Krawiec C., Meyer K., Giuliano J.S.Jr., Owen E.B., Tarquinio K.M., Sanders R.C.Jr., Shepherd M., Bysani G.K., Sheno A.N., Napolitano N., Gangadharan S., Parsons S.J., Simon D.W., Nadkarni V.M., Nishisaki A.; for Pediatric Acute Lung Injury and Sepsis Investigators (PALISI) and National Emergency Airway Registry for Children (NEAR4KIDS) Investigators. End-tidal carbon dioxide use for tracheal intubation: analysis from the National Emergency Airway Registry for children (NEAR4KIDS) registry. *Pediatr. Crit. Care Med*. 2018; 19 (2): 98-105. DOI: 10.1097/pcc.0000000000001372. PMID: 29140968
88. Weaver B., Lyon M., Blaiwas M. Confirmation of endotracheal tube placement after intubation using the ultrasound sliding lung sign. *Acad. Emerg. Med*. 2006; 13 (3): 239-244. DOI: 10.1197/j.aem.2005.08.014. PMID: 16495415
89. Pfeiffer P., Rudolph S.S., Borglum J., Isbye D.L. Temporal comparison of ultrasound vs. auscultation and capnography in verification of endotracheal tube placement. *Acta Anaesthesiol. Scand*. 2011; 55 (10): 1190-1195. DOI: 10.1111/j.1399-6576.2011.02501.x. PMID: 22092123
90. Ravi P.R., Vijay M.N. Real time ultrasound-guided percutaneous tracheostomy: is it a better option than bronchoscopic guided percutaneous tracheostomy? *Med. J. Armed Forces India*. 2015; 71 (2): 158-164. DOI: 10.1016/j.mjafi.2015.01.013. PMID: 25859079
91. Dinsmore J., Heard A.M., Green R.J. The use of ultrasound to guide time-critical cannula tracheotomy when anterior neck airway anatomy is unidentifiable. *Eur. J. Anaesthesiol*. 2011; 28 (7): 506-510. DOI: 10.1097/eja.0b013e328344b4e1. PMID: 21423020
92. Zuñiga W., Sanabria F., de Mejia C. Internal jugular vein cannulation: how much safety can we offer? *Colomb. J. Anesthesiol*. 2015; 43 (1): 76-86. DOI: 10.1016/j.rcac.2014.10.001
93. Brass P., Hellmich M., Kolodziej L., Schick G., Smith A.F. Ultrasound guidance versus anatomical landmarks for internal jugular vein catheterization. *Cochrane Database Syst. Rev*. 2015; 1: CD006962. DOI: 10.1002/14651858.cd006962.pub2. PMID: 25575244
94. Marhofer P., Fritsch G. Safe performance of peripheral regional anaesthesia: the significance of ultrasound guidance. *Anaesthesia*. 2017; 72 (4): 431-434. DOI: 10.1111/anae.13831. PMID: 28185241
95. Callahan J.A., Seward J.B., Tajik A.J. Cardiac tamponade: pericardiocentesis directed by two-dimensional echocardiography. *Mayo Clin. Proc*. 1985; 60 (5): 344-347. DOI: 10.1016/s0025-6196(12)60541-2. PMID: 3990381
96. Strehle E.M. Making the invisible visible: near-infrared spectroscopy and phlebotomy in children. *Telemed. J. E. Health*. 2010; 16 (8): 889-893. DOI: 10.1089/tmj.2010.0061. PMID: 20925568
97. Juric S., Zalik B. An innovative approach to near-infrared spectroscopy using a standard mobile device and its clinical application in the real-time visualization of peripheral veins. *BMC Med. Inform. Decis. Mak*. 2014; 14: 100. DOI: 10.1186/s12911-014-0100-z. PMID: 25421099
98. Guillon P., Makhloufi M., Baillie S., Roucoulet C., Dolimier E., Masquelier A.M. Prospective evaluation of venous access difficulty and a near-infrared vein visualizer at four French haemophilia treatment centres. *Haemophilia*. 2014; 21 (1): 21-26. DOI: 10.1111/hae.12513. PMID: 25335191
99. Chiao F.B., Resta-Flarer F., Lesser J., Ng J., Ganz A., Pino-Luey D., Bennett H., Perkins C.Jr., Witek B. Vein visualization: patient characteristic factors and efficacy of a new infrared vein finder technology. *Br. J. Anaesth*. 2013; 110 (6): 966-971. DOI: 10.1093/bja/aet003. PMID: 23384732
100. de Graaff J.C., Cuper N.J., Mungra R.A., Vlaardingerbroek K., Numan S.C., Kalkman C.J. Near-infrared light to aid peripheral intravenous cannulation in children: a cluster randomised clinical trial of three devices. *Anaesthesia*. 2013; 68 (8): 835-845. DOI: 10.1111/anae.12294. PMID: 23763614
101. van der Woude O.C., Cuper N.J., Getrouw C., Kalkman C.J., de Graaff J.C. The effectiveness of a near-infrared vascular imaging device to support intravenous cannulation in children with dark skin color. *Anesth. Analg*. 2013; 116 (6): 1266-1271. DOI: 10.1213/ANE.0b013e31828e5bde. PMID: 23649104

Поступила 14.09.18

Received 14.09.18