

Оценка нутриционного статуса пациентов ОРИТ с помощью ультразвукового исследования мышц и подкожно-жировой клетчатки

Р. Е. Лахин, М. В. Никитин, Е. Ю. Струков, А. А. Емельянов, А. Г. Климов, Б. Н. Богомоллов, А. И. Левшанков, А. В. Щеголев

Военно-медицинская академия им. С. М. Кирова МО РФ, Россия, г. Санкт-Петербург

Nutritional Status Assessment in ICU Patients Using Ultrasound Imaging of Muscles and Subcutaneous Fat

Roman E. Lakhin, Maxim V. Nikitin, Egor Yu. Strukov, Alexander A. Emelyanov, Alexey G. Klimov, Boris N. Bogomolov, Anatoly I. Levshankov, Alexey V. Schegolev

S.M. Kirov Military Medical Academy, Ministry of Defense of the Russian Federation, 6 Akademika Lebedeva Str., 194044 Saint Petersburg, Russia

Для цитирования: Р. Е. Лахин, М. В. Никитин, Е. Ю. Струков, А. А. Емельянов, А. Г. Климов, Б. Н. Богомоллов, А. И. Левшанков, А. В. Щеголев. Оценка нутриционного статуса пациентов ОРИТ с помощью ультразвукового исследования мышц и подкожно-жировой клетчатки. *Общая реаниматология*. 2020; 16 (5): 13–21. <https://doi.org/10.15360/1813-9779-2020-5-13-21> [На русск. и англ.]

For citation: Roman E. Lakhin, Maxim V. Nikitin, Egor Yu. Strukov, Alexander A. Emelyanov, Alexey G. Klimov, Boris N. Bogomolov, Anatoly I. Levshankov, Alexey V. Schegolev. Nutritional Status Assessment in ICU Patients Using Ultrasound Imaging of Muscles and Subcutaneous Fat. *Obshchaya Reanimatologiya = General Reanimatology*. 2020; 16 (5): 13–21. <https://doi.org/10.15360/1813-9779-2020-5-13-21> [In Russ. and Engl.]

Резюме

Для оценки нутриционного статуса в последние годы используют ультразвуковое исследование мышц и подкожно-жировой клетчатки, однако единых подходов при выборе мышц для него пока не существует.

Цель работы — ультразвуковое исследование вариабельности толщины различных мышц и подкожно-жировой клетчатки для выявления оптимальных кожно-мышечных структур при оценке нутриционного статуса.

Материалы и методы. Проспективное обсервационное исследование 14 пациентов. Всем пациентам выполнили ультразвуковое исследование толщины мышц: *m. rectus femoris*; *m. tibialis anterior*; *m. biceps brachii*; *m. deltoideus* и *m. sternocleidomastoideus*, а также толщины кожи и подкожно-жировой клетчатки над мышцей. Этапы исследования: при поступлении в ОРИТ, через 7, 14, 21, 28, 42 суток после поступления. На 7-, 14- и 21-е сутки выполнили тест с инфузионной нагрузкой 1000 мл 0,9% раствора хлорида натрия. На 5- и 10-е сутки выполнили тест с позиционированием пациента на бок.

Результаты. Выявили, что *m. tibialis anterior* изменяет свои размеры при повороте пациента на бок на 2%, *m. deltoideus* — на 6%, *m. sternocleidomastoideus* — на 10%, *m. rectus femoris* — 20,5%, а *m. biceps brachii* — на 26%. При инфузии 1000 мл 0,9% раствора хлорида натрия вариабельность размера *m. tibialis anterior* составила — 2%, *m. deltoideus* — 2%, *m. sternocleidomastoideus* — 6%, *m. biceps brachii* — 8%. *m. rectus femoris* — 12%.

Толщина подкожно-жировой клетчатки над *m. biceps brachii* и *m. rectus femoris* изменялась в большей степени, чем передне-задний размер самих мышц ($p < 0,05$).

Заключение. Оптимальными мышцами для ультразвуковой оценки нутриционного статуса являются *m. deltoideus* и *m. tibialis anterior*, поскольку на их размеры позиционирование пациента и проводимая инфузионная терапия влияет меньше. Внутривенное введение жидкости увеличивает вариабельность толщины подкожно-жировой клетчатки.

Ключевые слова: ультразвуковое исследование; мышцы; нутриционный статус; атрофия мышц; толщина мышц; интенсивная терапия

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликтов интересов.

Адрес для корреспонденции:

Роман Евгеньевич Лахин
E-mail: doctor-lahin@yandex.ru

Correspondence to:

Roman E. Lakhin
E-mail: doctor-lahin@yandex.ru

Summary

Ultrasound imaging of muscles and subcutaneous fat has been used in recent years to assess the nutritional status, but there are no common approaches for selecting muscles for it.

The aim of the study was to examine the variability of thickness of different muscles and subcutaneous fat using ultrasonography to identify optimal cutaneous and muscle landmarks for the assessment of nutritional status.

Materials and methods. It was a prospective observational study with participation of 14 patients. All patients underwent ultrasound examination of thickness of the following muscles: *m. rectus femoris*; *m. tibialis anterior*; *m. biceps brachii*; *m. deltoideus* and *m. sternocleidomastoideus*, as well as the thickness of skin and subcutaneous fat over the muscles. The ultrasound assessment was done on admission to ICU, on days 7, 14, 21, 28, 42. On days 7, 14 and 21 the intravenous load test of 1000 ml of 0.9% sodium chloride solution was performed. On days 5 and 10 the test with the patients in the lateral decubitus position was carried out.

Results. We found that *m. tibialis anterior* changed its size when patients were turned laterally by 2%, *m. deltoideus* by 6%, *m. sternocleidomastoideus* by 10%, *m. rectus femoris* by 20.5%, and *m. biceps brachii* by 26%. After infusion of 1,000 ml of 0.9% sodium chloride solution, the variability of *m. tibialis anterior* size was 2%, *m. deltoideus* 2%, *m. sternocleidomastoideus* 6%, *m. biceps brachii* 8%, *m. rectus femoris* 12%.

The thickness of subcutaneous fat over *m. biceps brachii* and *m. rectus femoris* changed more than the anteroposterior size of the muscles ($P < 0.05$).

Conclusion. The *m. deltoideus* and *m. tibialis anterior* are optimal for ultrasound assessment of the nutritional status because their size is less affected by the patient's positioning and infusion therapy. Intravenous fluid infusion increases the variability of subcutaneous fat thickness.

Keywords: intensive care; thickness of muscle; ultrasound; nutritional status; muscle atrophy; muscle thickness

Conflict of interests. The authors claim no conflict of interest.

<https://doi.org/10.15360/1813-9779-2020-5-13-21>

Введение

Нутриционная поддержка пациентов в отделениях реанимации и интенсивной терапии (ОРИТ) является самостоятельным и обязательным компонентом интенсивной терапии, влияющим на исход заболевания или травмы [1, 2]. Несмотря на проводимую терапию, пациенты в критическом состоянии теряют массу тела. Снижение массы тела у пациентов ОРИТ может достигать 5–15% в течение первой недели [1, 3]. Потеря массы, истощение приводят к нарушениям метаболизма и иммунитета, которые в значительной степени снижают эффективность лечения пациентов в критическом состоянии, увеличивают частоту развития осложнений, продолжительность их пребывания в ОРИТ и связанные с этим расходы на лечение [1, 4].

Проводимая нутриционная терапия должна контролироваться. Недостаточная нутритивная поддержка, так же, как и избыточная, ведут к ухудшению результатов лечения [5]. Появились данные, что попытки ввести пациентам в ОРИТ избыточное количество калорий опасны, поскольку ведут к увеличению частоты развития септических осложнений и летальности [1, 2, 5, 6]. Для оценки нутриционного статуса пациента принято использовать комплекс соматометрических и клинико-лабораторных параметров. Наиболее часто проводят мониторинг динамики массы тела, общего белка, альбумина сыворотки крови, лимфоцитов в периферической крови [1, 7]. Кроме роста-весовых показателей,

Introduction

Nutritional support of patients in intensive care units (ICU) is an independent and essential component of intensive care that affects the outcome of illness or injury [1, 2]. Despite the treatment, the critically ill patients have been losing weight. Weight loss in ICU patients can be as high as 5–15% during the first week of stay [1, 3]. Weight loss and muscle wasting lead to metabolic and immune disorders, which significantly reduce the effectiveness of treatment of critically ill patients, increase morbidity, the length of ICU stay and associated treatment costs [1, 4].

Nutritional therapy should be monitored. Insufficient nutrient support, as well as excessive one, worsens treatment results [5]. There are reports suggesting that attempts to provide ICU patients with excess calories can be harmful because they lead to increased rate of septic complications and mortality [1, 2, 5, 6]. A set of anthropometric, clinical and laboratory parameters is used to assess the patient's nutritional status. Changes of body mass, total protein, serum albumin, lymphocyte count in peripheral blood are most often monitored for this purpose [1, 7]. In addition to growth and weight, anthropometric estimation of nutritional status requires skinfold thickness (at the level of III rib, paraumbilical region, above triceps) and shoulder circumference measurement. The additional laboratory parameters include blood transferrin, lactate, triglycerides, magnesium, calcium, phosphorus, iron, and creatinine height index [1]. Most likely, the use of any single anthropometric or laboratory parameter will not provide a comprehensive

для антропометрической оценки нутриционного статуса может быть использован метод определения толщины кожной складки (на уровне III ребра, параумбиликальной области, над трицепсом) и измерение окружности плеча. Дополнительно оцениваемыми лабораторными параметрами являются: трансферрин, лактат, триглицериды крови, магний, кальций, фосфор, железо крови, креатининовый индекс [1]. По всей вероятности, использование какого-либо одного антропометрического или лабораторного показателя не будет являться объективным отражением нутриционного статуса пациента. Кроме того, в ОРИТ при лимите времени необходимы методики, выполняемые непосредственно у постели пациента для возможности быстрой и желательной простой оценки нутриционного статуса.

В клинической практике появились ультразвуковые методики оценки нутриционного статуса [8–12]. Они основаны на оценке состояния подкожно-жировой клетчатки и мышц. Единых подходов к оценке в настоящее время пока не существует. Чаще всего для оценки нутриционного статуса используют исследование толщины, площади сечения или структуры *m. quadriceps femoris (rectus femoris)*, *m. tibialis anterior*, *m. extensor digitorum longus*, *m. biceps brachii*, *m. deltoideus*, *m. sternocleidomastoideus* [13–16]. Измерение мышечной массы с помощью ультразвука подвержено техническим ошибкам, вызванным упругостью и сжимаемостью мышц, выбором места измерения, положением датчика, способностью обеспечить полную релаксацию или состояние сокращения мышц, а также — состояние покоя пациента и состояние гидратации тканей [14].

Цель работы — ультразвуковое исследование вариабельности толщины различных мышц и подкожно-жировой клетчатки для выявления оптимальных кожно-мышечных структур при оценке нутриционного статуса.

Материал и методы

Перспективное наблюдательное исследование одобрено этическим комитетом при Военно-медицинской академии им. С. М. Кирова МО РФ, выполнено на базе ОРИТ клиник Военно-медицинской академии. Критериями включения в исследование были: возраст пациентов 18–75 лет; госпитализация в ОРИТ; проведение энтерального питания. Критерии исключения: повреждение кожных покровов в области ультразвукового исследования.

Всего в исследовании включили 14 пациентов. Общую характеристику пациентов по возрасту, росту, весу при поступлении, основной патологии представили в табл. 1.

Этапы исследования: при поступлении в ОРИТ, через 7, 14, 21, 28, 42 суток после поступления (рис. 1).

assessment of patient's nutritional status. In addition, the time-limited environment of ICU requires using bedside techniques for a rapid and preferably simple assessment of the nutritional status.

Ultrasound imaging for the nutritional status assessment has been used in clinical practice [8–12]. These techniques are based on the measurement of subcutaneous fat and muscles. At present, there are no unified approaches to such assessment. Most often, thickness, cross-sectional area or structure of *m. quadriceps femoris (rectus femoris)*, *m. tibialis anterior*, *m. extensor digitorum longus*, *m. biceps brachii*, *m. deltoideus*, *m. sternocleidomastoideus* are used for estimation of nutritional status [13–16]. The ultrasound muscle mass measurement is subject to technical errors caused by muscle elasticity and compressibility, measurement site selection, position of the sensor, ability to achieve complete muscular relaxation or contraction, as well as the patient's rest and adequate tissue hydration [14].

The aim of the study was the examination of the variability of thickness of different muscles and subcutaneous fatty tissue by ultrasonography to identify the optimal cutaneous and muscular landmarks for the accurate assessment of the nutritional status.

Materials and Methods

The prospective observational study was approved by the Institutional Review Board of the Military Medical Academy named after S. M. Kirov. This study was conducted in the ICUs of clinical hospitals of the Military Medical Academy. The criteria for inclusion were the age of patients 18–75 years old, hospitalization to the ICU, and enteral feeding. The criterion for exclusion was skin damage in the area of ultrasound imaging.

A total of 14 patients were included into the study. The general characterization of patients by age, height, weight on admission, main condition is presented in Table 1.

The study measurements were done on admission to ICU and on Days 7, 14, 21, 28, 42 after admission (Fig. 1).

The thickness of *m. rectus femoris*, *m. tibialis anterior*, *m. biceps brachii*, *m. deltoideus* and *m. sternocleidomastoideus*, as well as the thickness of skin and subcutaneous fatty tissue over the respective muscles was measured in all patients using the M7 (Shenzhen Mindray Bio-Medical Electronics Co., Ltd.) ultrasound machine (Fig. 2).

On Days 7, 14 and 21 we performed the intravenous saline load test. After the ultrasound examination of muscles 1,000 ml of 0.9% sodium chloride solution was injected intravenously; repeated ultrasound examination of muscles was done 3 hours after the injection. Variability of results associated with the saline load was estimated.

On Days 5 and 10 we performed the lateral decubitus test. After the ultrasound examination of the muscles, the patient turned to the lateral decubitus position and repeated ultrasound examination of the muscles was carried out immediately after the changing position. We evaluated the variability of results associated with the positioning of the patient.

Таблица 1. Характеристики обследованных пациентов.
Table 1. Characteristics of the patients.

Characteristics	Value
Age, years, <i>Me (Q1; Q3)</i>	62 (51.75; 76.75)*
Height, cm, <i>Me (Q1; Q3)</i>	173.5 (168; 175)*
Weight on the day of admission, kg, <i>Me (Q1; Q3)</i>	78.5 (69.25; 81.25)*
Condition	
pneumonia, <i>n (%)</i>	5 (35.7)**
cerebrovascular accident, <i>n (%)</i>	4 (28.6)**
traumatic brain injury, <i>n (%)</i>	1 (7.1)**
acute myocardial infarction, <i>n (%)</i>	2 (14.3)**
post-resuscitation disease, <i>n (%)</i>	2 (14.3)**

Note. * — data are presented as *Me (Q1; Q3)*. ** — data are presented as number of cases and percentage of total cases.

Примечание. Characteristics — показатель; value — значения; age, year — возраст, лет; height — рост; weight on the day of admission — вес при поступлении; pathology — основная патология; pneumonia — пневмония; cerebrovascular accident — нарушение мозгового кровообращения; traumatic brain injury — черепно-мозговая травма; acute myocardial infarction — острый инфаркт миокарда; post-resuscitation disease — постреанимационная болезнь. * — data are presented as *Me (Q1; Q3)*, данные представлены как *Me (Q1; Q3)*. ** — data are presented by simple indication of quantity and fraction (in percentage), данные представлены простым указанием количества и доли (в процентах).

Всем пациентам с помощью ультразвукового аппарата Миндрей М7 (Shenzhen Mindray Bio-Medical Electronics Co., Ltd.) выполняли исследование толщины мышц *m. rectus femoris*, *m. tibialis anterior*, *m. biceps brachii*, *m. deltoideus* и *m. sternocleidomastoideus*, а также толщины кожи и подкожно-жировой клетчатки над мышцей (рис. 2).

На 7-, 14- и 21-е сутки выполнили тест с инфузионной нагрузкой. После проведения ультразвукового исследования мышечной системы внутривенно вводили 1000 мл 0,9% раствора хлорида натрия, повторное ультразвуковое исследование мышц осуществляли через 3 часа после введения. Оценивали вариабельность результатов, связанную с инфузионной нагрузкой.

На 5- и 10-е сутки выполнили тест с позиционированием пациента на бок. После проведения ультразвукового исследования мышечной системы выполняли поворот пациента на бок, повторное ультразвуковое исследование мышц осуществляли сразу после поворота. Оценивали вариабельность результатов, связанную с позиционированием пациента.

Статистическую обработку полученных результатов осуществляли с помощью программы IBM SPSS Statistics 25.0. Для проверки характера распределения данных использовали критерий Шапиро–Уилка. Поскольку более 80% признаков не подчинялись закону нормального распределения, количественные данные представили медианой с интерквартильным интервалом *Me (Q1; Q3)*. Качественные данные представили в виде количества и доли (в процентах). Для попарного сравнения в связанных выборках использовали критерий знаковых рангов Уилкоксона. Различия считали статистически значимыми при уровне значимости $p < 0,05$.

Результаты и обсуждение

Общая характеристика исследуемых мышц. Ультразвуковое исследование мышечной системы пациентов в ОРИТ имело свои

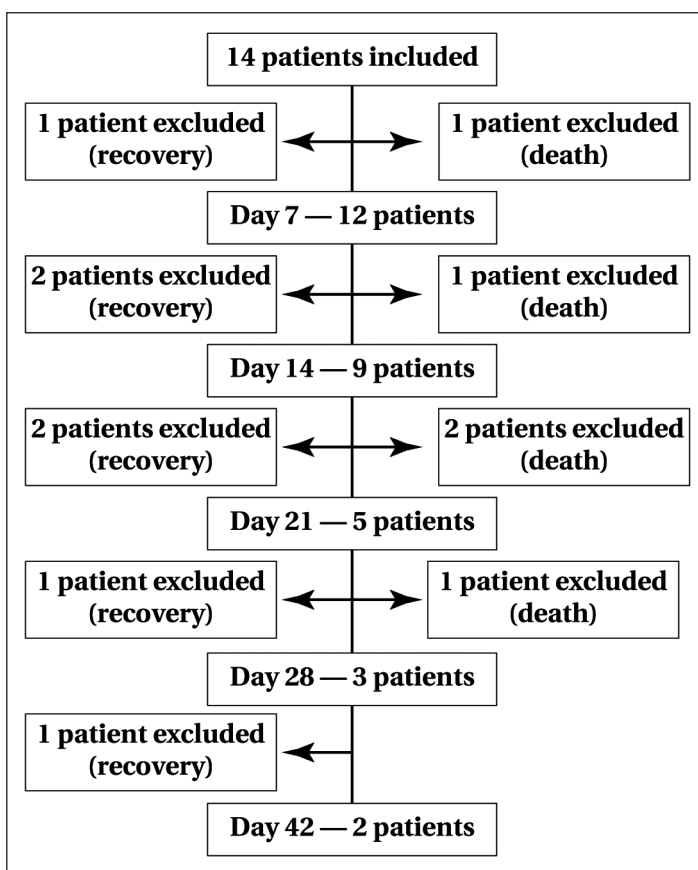


Рис. 1. Распределение пациентов по этапам исследования.

Fig. 1. Patient distribution during the study.

Примечание. Included/excluded — включены/исключены; recovery — выздоровление; death — летальный исход.

The statistical analysis of the results was performed using the IBM SPSS Statistics 25.0 software. Shapiro-Wilks' criterion was used to check the normality of data distribution. As distribution of more than 80 % of the data was not normal, quantitative data were presented as a median with interquartile interval *Me (Q1; Q3)*. Qualitative data were presented as number and percentages. Wilcoxon's signed-rank criterion was used for paired

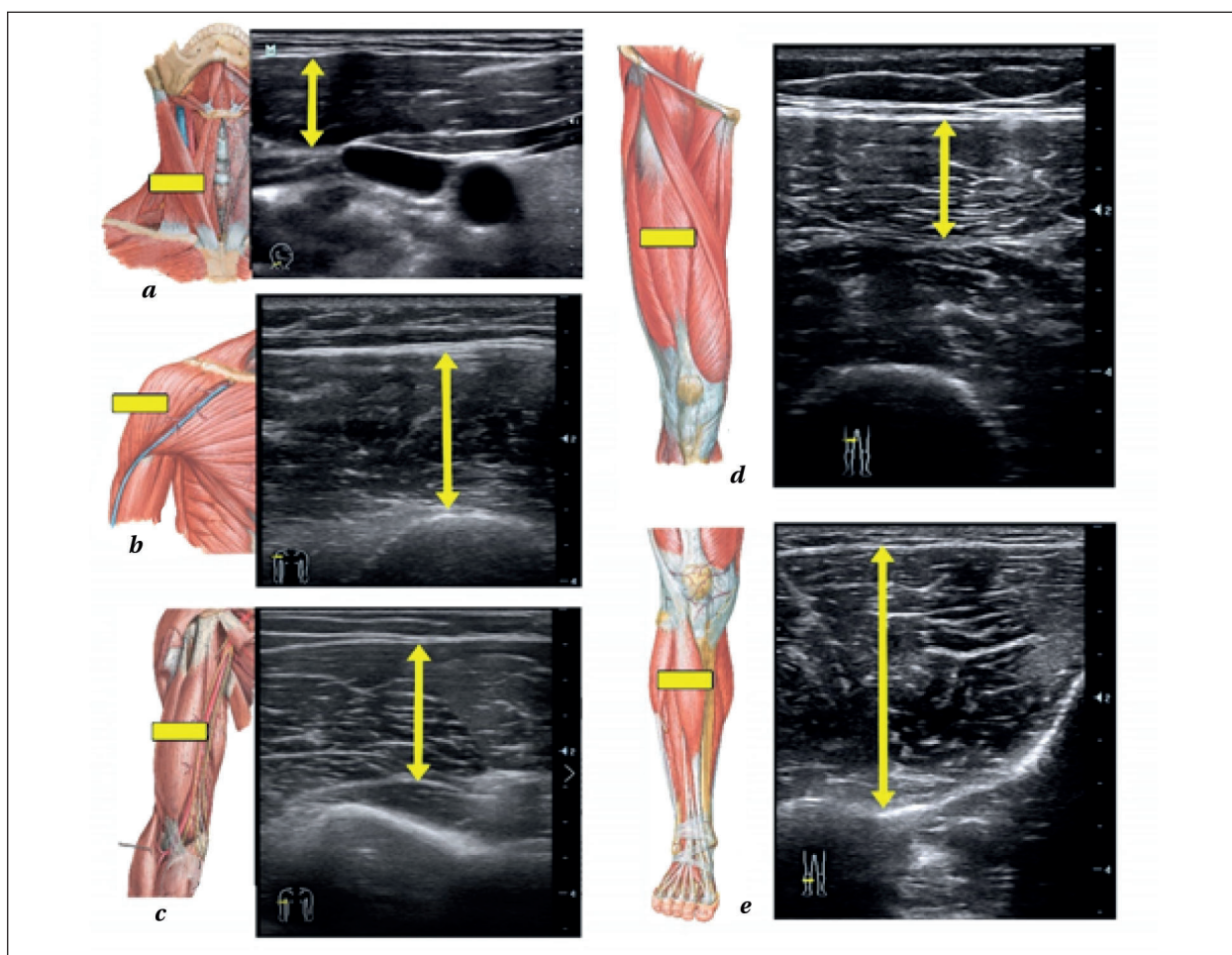


Рис. 2. Положение зонда и ультразвуковое изображение.

a — sternocleidomastoid muscle; *b* — deltoid muscle; *c* — biceps muscle; *d* — rectus femoris muscle; *e* — tibialis anterior muscle.

Fig. 2. The position of probe and ultrasound images.

a — sternocleidomastoid muscle; *b* — deltoid muscle; *c* — biceps muscle; *d* — rectus femoris muscle; *e* — tibialis anterior muscle.

особенности. Всем пациентам проводили аппаратную респираторную поддержку: 3 пациентам вентиляцию легких проводили через интубационную трубку, 11 пациентам — через трахеостомическую канюлю. Трахеостома и повязка вокруг нее создавали трудности при установке датчика в традиционном для исследования месте и проведении измерений. *M. sternocleidomastoideus* находится в окружении мягких тканей и не прилегает к костной основе, что делает эту мышцу подвижной, легко смещаемой и сдавливаемой датчиком. Это ведет к искажению результатов и большой вариабельности данных. Поворот головы в противоположную от исследования сторону приводит к натяжению *m. sternocleidomastoideus* и ее размер уменьшается.

M. biceps brachii — также подвижная мышца, зависящая от многих факторов. Ее исследование проводили в средней трети плеча, до разделения длинной и короткой головки мышцы. Стремилась позиционировать датчик так, чтобы плечевая кость лежала позади наибольшей толщины двуглавой

comparisons in related samples. Differences were considered significant at $P < 0.05$.

Results and Discussion

General characteristics of the muscles under study. The ultrasound investigation of the patients' muscles in ICU was not an ordinary task. All patients were on respiratory support: 3 patients were intubated, while 11 patients had tracheostomy tubes. The tracheostoma and its dressing made it difficult to properly position the probe. The *M. sternocleidomastoideus* is located amid soft tissues and does not adjoin the bone, which makes this muscle mobile, easily displaceable and compressible by the probe. This leads to skewed results and high variability of data. Turning the head to the opposite side causes a tension of *m. sternocleidomastoideus* and reduction of its size.

M. biceps brachii is also a mobile muscle depending on many factors. Its examination was performed in the middle third of the shoulder, until the division of the long and short head of the muscle. The aim was to position the probe so that the

Таблица 2. Оценка возможности проведения ультразвукового исследования исследуемых мышц.
Table 2. Evaluation of feasibility of ultrasound examination of muscles.

Muscle	Measurements, n	Feasibility of measurement, n (%)*
<i>m. sternocleidomastoideus</i>	90	64 (71%)
<i>m. deltoideus</i>	90	90 (100%)
<i>m. biceps brachii</i>	90	72 (80%)
<i>m. rectus femoris</i>	90	73 (81%)
<i>m. tibialis anterior</i>	90	90 (100%)

Note. * — data are presented as number of successful measurements and percentage of total attempts.

Примечание. Для табл. 2–4: muscle — мышца; measurements — количество измерений; feasibility of measurement — возможность измерения. * — data are presented by simple indication of quantity and fraction (in percentage), данные представлены простым указанием количества и доли (в процентах).

мышцы. При полипозиционировании датчика выявили высокую вариабельность толщины двуглавой мышцы, зависящую от ее расположения по отношению к плечевой кости, степени сдавления датчиком. На результаты измерения сильное влияние оказывала также манжета аппарата измерения неинвазивного давления — из-за периодических сдавлений происходила постепенная атрофия мышцы, это, в свою очередь, сказывалось на показателях исследования. При развитии дистрофических изменений мышцы пульсовая волна плечевой артерии приводила ее к колебаниям, что могло влиять на результаты.

При проведении исследования столкнулись еще одной с проблемой — гипертонусом верхних конечностей, обусловленном неврологическими расстройствами. Мышечные волокна *m. biceps brachii* при сокращении влияли на толщину мышцы и делали показатель толщины двуглавой мышцы необъективным, поэтому при развитии гипертонуса ультразвуковое исследование не проводило (табл. 2).

Исследование *m. deltoideus* проводили на уровне хирургической шейки плечевой кости. Доступ для ультразвуковой оценки *m. deltoideus* был возможен во всех случаях исследования.

Для оценки *m. quadriceps femoris* выбрали наиболее часто встречающуюся в литературе для подобных исследований *m. rectus femoris*. Проведение ультразвукового исследования *m. rectus femoris* в традиционном месте было возможно не всегда. Причиной затруднения при проведении исследования явилась наклейка на передней поверхности бедра у пациентов, которым проводили экстракорпоральную гемокоррекцию с бедренным сосудистым доступом.

Ультразвуковое исследование *m. tibialis anterior* проводили при поперечном сканировании мышцы в области максимального передне-заднего размера. Ультразвуковая оценка *m. tibialis anterior* была возможна во всех случаях исследования.

Вариабельность размера мышц при позиционировании пациента. Поскольку пациентам, длительно находившимся на лечении в ОРИТ, выполняли процедуры по профи-

humerus was located behind the thickest part of the biceps brachii. Multiple probe positioning revealed a high variability in the thickness of the biceps muscle, as determined by its location relative to the humerus and the compression by the probe. The measurement results were also strongly influenced by the cuff of the non-invasive pressure measuring device: due to repeated compressions, a gradual muscle atrophy occurred, which affected the obtained data. The pulse wave of the brachial artery led to fluctuations of the dystrophic muscle, which also could affect the results.

Another issue encountered in the study was the hypertonicity of the upper limbs due to neurological disorders. The muscle fibers of *m. biceps brachii* during contraction affected the thickness of the muscle and made the measurement results incorrect, therefore, no ultrasound examination was performed in case of hypertonicity (Table 2).

The *m. deltoideus* measurement was performed at the level of the surgical neck of the humerus. *M. deltoideus* was easily accessible for the ultrasound evaluation in all cases.

The quadriceps femoris muscle was assessed using the *m. rectus femoris* which is the commonest landmark used for this purpose according to the available literature. It was not always possible to perform an ultrasound examination of *m. rectus femoris* in a conventional site.

The reason for this limitation was the sticker on the anterior thigh surface in patients who were undergoing extracorporeal hemocorrection with femoral vascular access.

The *m. tibialis anterior* ultrasound was performed by transverse scanning of the muscle in the area of maximum antero-posterior size. Ultrasound evaluation of *m. tibialis anterior* was feasible in all cases.

Variability of muscle size on changing the patient's position. Since patients with prolonged stay in ICU received procedures to prevent pressure sores in the sacral area (regular turning the patient sideways), the muscle size variation when changing patient's position was assessed. *M. tibialis anterior* was found to have remained practically unchanged on turning the patient sideways, while some changes were revealed in *m. deltoideus*, *m. sternocleidomas-*

Таблица 3. Оценка вариабельности размеров мышц при позиционировании пациента на бок.
Table 3. Assessment of muscle size variability with the patient turned to the decubitus position.

Muscle	Before turning, mm, Me (Q1; Q3)*	After turning, mm, Me (Q1; Q3)*	Change after turning, %**	P***
<i>m. sternocleidomastoideus</i> , n=48	6.7 (5.4; 9.0)	7.3 (5.9; 9.9)	10	0.065
<i>m. deltoideus</i> , n=52	8.0 (6.0; 10.6)	8.5 (6.4; 11.2)	6	0.226
<i>m. biceps brachii</i> , n=47	18.1 (16.1; 22.0)	22.8 (20.3; 27.7)	26	0.001
<i>m. rectus femoris</i> , n=44	14.0 (12.0; 18.9)	16.9 (14.5; 22.8)	20	0.000
<i>m. tibialis anterior</i> , n=52	20.3 (18.6; 22.0)	20.7 (19.0; 22.4)	2	0.734

Note. * — data are presented as Me (Q1; Q3). ** — data are presented as percentage of change. *** — Wilcoxon signed-rank test
Примечание. Before/after turning — до/после поворота; change after turning — степень изменения после поворота на бок.
 * — data are presented as Me (Q1; Q3), данные представлены как Me (Q1;Q3). ** — data are presented by simple indication of fraction (in percentage), данные представлены простым указанием доли (в процентах). *** — Wilcoxon signed-rank test — критерий знаковых рангов Уилкоксона.

лактике пролежней в области крестца с поворотом пациента на бок, оценили степень изменения размеров мышц при позиционировании пациента на бок. Выявили, что *m. tibialis anterior* практически не изменяет размеры при повороте пациента на бок, за ней, по степени изменчивости, следуют *m. deltoideus*, *m. sternocleidomastoideus*, *m. rectus femoris* и наиболее изменяемая — *m. biceps brachii* (табл. 3). Стабильность размеров *m. tibialis anterior* при позиционировании пациента можно объяснить тем, что у мышцы есть свое фасциальное ложе, фиксированное к костной структуре, которое практически полностью окружает *m. tibialis anterior*. Изменение размеров *m. biceps brachii* были обусловлены не только поворотом на бок, но и затруднениями при выполнении исследования. Мышца сдвигалась в сторону от плечевой кости и проведение измерения требовало смещения и сдавления *m. biceps brachii* датчиком — все это искажало результаты.

Вариабельность подкожно-жировой клетчатки и размера мышц после инфузионной нагрузки. Выявили, что толщина подкожно-жировой клетчатки над мышцами изменяется в большей степени, чем передне-задний размер самих мышц. Статические значимые различия выявили при сравнении изменений размеров мышц *m. biceps brachii* и *m. rectus femoris* и толщины подкожно-жировой клетчатки над ними (табл. 4). Среди исследуемых мышц *m. biceps brachii* и *m. rectus femoris* максимально увеличивались в размерах после инфузионной нагрузки (на 8% и 12% соответственно). Мышцами, на размеры которых инфузионная нагрузка влияла в меньшей мере, были *m. deltoideus* и *m. tibialis anterior*.

Ультразвуковое исследование мышц и подкожно-жировой клетчатки уже показало себя как хороший инструмент для оценки нутриционного статуса как здорового человека, так и пациента ОРПТ [9–13]. Наиболее часто с этой целью исследуют *m. rectus femoris*, *m. quadriceps femoris*, *m. biceps brachii*, *m. tibialis anterior* [13–16], хотя имеются работы, в которых изучают *m. temporalis*, *m. adductor pollicis* и

toideus, *m. rectus femoris* with the most variable being *m. biceps brachii* (Table 3). The stability of the size of the *m. tibialis anterior* when repositioning the patient can be explained by the fact that the muscle has its own fascial bed, fixed to the bone, which almost completely encloses the *m. tibialis anterior*. The size change of *m. biceps brachii* was not only caused by different patient position, but also by difficulties in measurement performance. The muscle was pushed away from the humerus and the measurement required the *m. biceps brachii* to be shifted and squeezed by the probe which skewed the results.

The variability of subcutaneous fat and muscle size after the saline load. The thickness of subcutaneous fat over the muscles was found to change more significantly than the anteroposterior size of the muscles themselves. Significant static differences were revealed by comparing the changes in the size of *m. biceps brachii* and *m. rectus femoris* muscles and the thickness of associated subcutaneous fat (Table 4). Among the investigated muscles, *m. biceps brachii* and *m. rectus femoris* had maximal increase in size after the saline load (by 8% and 12% respectively). The sizes of *m. deltoideus* and *m. tibialis anterior* were less affected by the saline infusion.

Ultrasound examination of muscles and subcutaneous fat has already proved to be a good tool to assess the nutritional status of both healthy humans and ICU patients [9–13]. The most frequently investigated for this purpose are *m. rectus femoris*, *m. quadriceps femoris*, *m. biceps brachii*, *m. tibialis anterior* [13–16], although there are publications examining *m. temporalis*, *m. adductor pollicis* and other muscles [17, 18]. There are no definite guidelines for ultrasound evaluation of the patient's nutritional status due to the high variability of results. Several studies and reviews recommend accumulating data for single technique selection [14, 19, 20]. We found no comparative performance studies of ultrasound evaluation of different muscles.

The obtained data show that *m. deltoideus* and *m. tibialis anterior* are the most accessible muscles for examination in ICU patients while *m. sternocleidomastoideus* is the most difficult to access. Difficulties in access were due to tracheostoma, its dressing and fixation tape.

Таблица 4. Оценка вариабельности исследуемых структур после инфузионной нагрузки 1000 мл 0,9% раствора хлорида натрия.**Table 4. Assessment of the variability of the studied structures after the infusion of 1000 ml of 0.9% sodium chloride solution.**

Muscle	Change					
	in muscle size, mm			in the thickness of subcutaneous fat over muscle, %		
	Before infusion*	After infusion*	P**	Before infusion*	After infusion*	P**
<i>m. sternocleidomastoideus</i> , n=44	6.6 (5.4; 0.9)	7.1 (5.7; 9.5)	0.207	2.2 (1.8; 3.0)	2.4 (2.0; 3.3)	0.127
<i>m. deltoideus</i> , n=50	8.2 (6.0; 10.6)	8.4 (6.1; 10.8)	0.553	3.2 (2.4; 4.2)	3.3 (2.4; 4.3)	0.746
<i>m. biceps brachii</i> , n=44	18.4 (16.1; 22.0)	19.9 (17.4; 23.8)	0.001	7.2 (6.4; 8.8)	8.1 (7.2; 9.9)	0.002
<i>m. rectus femoris</i> , n=48	13.2 (12.0; 18.9)	15.7 (13.4; 21.2)	0.000	7.0 (6.0; 9.5)	8.3 (7.1; 11.2)	0.000
<i>m. tibialis anterior</i> , n=50	20.5 (18.6; 22.0)	20.9 (19.0; 22.4)	0.485	6.8 (6.2; 7.3)	7.0 (6.4; 7.6)	0.446

Note. * — data are presented as Me (Q1;Q3). ** — Wilcoxon signed-rank test.

Примечание. Change — изменение; in muscle size — размера мышц; in the thickness of subcutaneous fat on muscle — толщины подкожно-жировой клетчатки над мышцей; before/after infusion — до/после инфузии. * — data are presented as Me (Q1;Q3), данные представлены как Me (Q1;Q3). ** — Wilcoxon signed-rank test — критерий знаковых рангов Уилкоксона.

другие мышцы [17, 18]. Однозначных рекомендаций по ультразвуковой оценке нутриционного статуса пациента не существует, поскольку вариабельность полученных результатов довольно высока. В ряде исследований и обзоров рекомендуют накапливать данные, выбирать единые методики [14, 19, 20]. Сравнительных исследований, сопоставляющих эффективность ультразвуковой оценки различных мышц, нами найдено не было.

Полученные данные выявили, что наиболее доступными мышцами для исследования у пациентов в ОРИТ являются *m. deltoideus* и *m. tibialis anterior*, самой труднодоступной — *m. sternocleidomastoideus*. Трудности доступа были обусловлены наличием трахеостомы, повязок вокруг нее и ленты фиксации.

Важные факторы проводимой интенсивной терапии в ОРИТ, которые оказали влияние на вариабельность размеров мышц — это поворот пациента и инфузионная нагрузка. Для профилактики пролежней пациенты длительное время находились в положении на боку, поэтому оптимальными для исследования являются те мышечные структуры, на которые позиционирование не оказывает своего влияния или оказывает в минимальной степени. Такими мышцами стали *m. tibialis anterior* и *m. deltoideus*. Высокая степень вариабельности размеров *m. biceps brachii* и *m. rectus femoris* была обусловлена «соскальзыванием» мышц с костной основы, особенно на фоне развития дистрофии мышц. Инфузионная нагрузка также приводила к изменению размера мышц, особенно при исследовании *m. rectus femoris*. В этой мышце кроме изменений размера визуализировали снижение эхогенности, что свидетельствовало о накоплении жидкости в мышечной ткани.

Important factors of ICU treatment which affected the variability of muscle size were the patient's rotation and the intravenous load. In order to prevent bedsores, the patients were placed in a decubitus position, so the optimal muscle landmarks for examination are those those which are minimally affected by changing the patient position. These include *m. tibialis anterior* and *m. deltoideus*. High variability in *m. biceps brachii* and *m. rectus femoris* size was caused by the «slipping» of muscles from the underlying bone, especially when muscular dystrophy was present. The intravenous load also altered the size of muscles, particularly *m. rectus femoris*. In this muscle, in addition to changes in size, a decrease in echogenicity was visualized, which indicated the accumulation of fluid in muscle tissue.

Conclusion

The study results showed that *m. deltoideus* and *m. tibialis anterior* are optimal for ultrasound assessment of the nutritional status in long-stay ICU patients. These muscles were almost always available for visualisation and less affected by patient positioning and infusion therapy. Intravenous fluid infusion increased the variability of subcutaneous fat thickness, therefore, it is reasonable to limit the assessment of the patient's nutritional status to the examination of muscles only.

Заклучение

Результаты исследования показали, что *m. deltoideus* и *m. tibialis anterior* являются оптимальными мышцами для ультразвуковой оценки нутриционного статуса у пациентов, находящихся на длительном лечении в ОРИТ. Эти мышцы практически всегда были доступны для визуализации, на них в мень-

шей степени оказывают влияние позиционирование пациента и проводимая инфузионная терапия. Внутривенное введение жидкости увеличивало вариабельность толщины

подкожно-жировой клетчатки, поэтому оценку нутриционного статуса пациента целесообразно ограничить только исследованием мышечных структур.

Литература

1. Singer P, Blaser A.R., Berger M.M., Alhazzani W., Calder P.C., Casaer M.P., Hiesmayr M., Mayer K., Montejo J.C., Pichard C., Preiser J.C., van Zanten A.R.H., Oczkowski S., Szczeklik W., Bischoff S.C. ESPEN guideline on clinical nutrition in the intensive care unit. *Clin Nutr.* 2019; 38 (1): 48–79. DOI: 10.1016/j.clnu.2018.08.037.
2. Луфт В.М. Современные возможности нутриционной поддержки больных в интенсивной медицине. *Вестник анестезиологии и реаниматологии.* 2010; 3: 42–51.
3. Puthuchery Z.A., McPhail M.J., Hart N. Acute skeletal muscle wasting in critical illness. *JAMA.* 2013; 310 (15): 1591–1600. DOI: 10.1001/jama.2013.278481.
4. Lim S.L., Ong K.C., Chan Y.H., Loke W.C., Ferguson M., Daniels L. Malnutrition and its impact on cost of hospitalization, length of stay, re-admission and 3-year mortality. *Clin Nutr.* 2012; 31 (3): 345–350. DOI: 10.1016/j.clnu.2011.11.001.
5. Berger M.M., Pichard C. Feeding should be individualized in the critically ill patients. *Curr Opin Crit Care.* 2019; 25 (4): 307–313. DOI: 10.1097/MCC.0000000000000625. PMID: 31145118.
6. Хорошилов И.Е. Персонализированный подход к нутриционной поддержке пациентов с недостаточным и избыточным питанием. *Фарматека.* 2018; 2 (355): 48–52. DOI: 10.18565/pharmateca.2018.2.48-52.
7. Костюченко Л.Н. Нарушения трофологического статуса и методы их определения у больных с заболеваниями органов пищеварения. *Экспериментальная и клиническая гастроэнтерология.* 2009; 6: 13–20.
8. Mourtzakis M., Wischmeyer P. Bedside ultrasound measurement of skeletal muscle. *Curr Opin Clin Nutr Metab Care.* 2014; 17 (5): 389–395. DOI: 10.1097/MCO.0000000000000088.
9. Chiba T., Lloyd D.A., Bowen A., Condon-Meyers A. Ultrasonography as a method of nutritional assessment. *JPEN J Parenter Enteral Nutr.* 1989; 13 (5): 529–534. DOI: 10.1177/0148607189013005529. PMID: 2691712.
10. Hendrickson N., Davison J., Schiller L., Willey M. Reliability and Validity of A-Mode Ultrasound to Quantify Body Composition. *J Orthop Trauma.* 2019; 33 (9): 472–477. DOI: 10.1097/BOT.0000000000001498.
11. Paris M., Mourtzakis M. Assessment of skeletal muscle mass in critically ill patients: considerations for the utility of computed tomography imaging and ultrasonography. *Curr Opin Clin Nutr Metab Care.* 2016; 19 (2): 125–130. DOI: 10.1097/MCO.0000000000000259.
12. Mourtzakis M., Parry S., Connolly B., Puthuchery Z. Skeletal Muscle Ultrasound in Critical Care: A Tool in Need of Translation. *Ann Am Thorac Soc.* 2017; 14 (10): 1495–1503. DOI: 10.1513/AnnalsATS.201612-967PS.
13. Formenti P., Umbrello M., Coppola S., Froio S., Chiumello D. Clinical review: peripheral muscular ultrasound in the ICU. *Ann Intensive Care.* 2019; 9 (1): 57. DOI: 10.1186/s13613-019-0531-x.
14. Ong C., Lee J.H., Leow M.K.S., Puthuchery Z.A. Skeletal Muscle Ultrasonography in Nutrition and Functional Outcome Assessment of Critically Ill Children: Experience and Insights from Pediatric Disease and Adult Critical Care Studies. *JPEN J Parenter Enteral Nutr.* 2017; 41 (7): 1091–1099. DOI: 10.1177/0148607116683143.
15. Mateos-Angulo A., Galán-Mercant A., Cuesta-Vargas A.I. Ultrasound Muscle Assessment and Nutritional Status in Institutionalized Older Adults: A Pilot Study. *Nutrients.* 2019; 11 (6). pii: E1247. DOI: 10.3390/nu11061247.
16. Jenkins N.D., Miller J.M., Buckner S.L., Cochrane K.C., Bergstrom H.C., Hill E.C., Smith C.M., Housh T.J., Cramer J.T. Test-Retest Reliability of Single Transverse versus Panoramic Ultrasound Imaging for Muscle Size and Echo Intensity of the Biceps Brachii. *Ultrasound Med Biol.* 2015; 41 (6): 1584–1591. DOI: 10.1016/j.ultrasmedbio.2015.01.017.
17. Hasegawa Y., Yoshida M., Sato A., Fujimoto Y., Minematsu T., Sugama J., Sanada H. Temporal muscle thickness as a new indicator of nutritional status in older individuals. *Geriatr Gerontol Int.* 2019; 19 (2): 135–140. DOI: 10.1111/ggi.13570.
18. Valente K.P., Silva N.M., Faioli A.B., Barreto M.A., Moraes R.A., Gualdini V.R. Thickness of the adductor pollicis muscle in nutritional assessment of surgical patients. *Einstein (Sao Paulo).* 2016; 14 (1): 18–24. DOI: 10.1590/S1679-45082016AO3596.
19. Fizez T., Hendrickx A., Van Herpe T., Vlasselaeers D., Desmet L., Van den Berghe G., Mesotten D. An Analysis of Reliability and Accuracy of Muscle Thickness Ultrasonography in Critically Ill Children and Adults. *JPEN J Parenter Enteral Nutr.* 2016; 40 (7): 944–949. DOI: 10.1177/0148607115575033.
20. Wilson D.V., Moorey H., Stringer H., Sahbudin I., Filer A., Lord J.M., Sapey E. Bilateral Anterior Thigh Thickness: A New Diagnostic Tool for the Identification of Low Muscle Mass? *J Am Med Dir Assoc.* 2019; 20 (10): 1247–1253.e2. DOI: 10.1016/j.jamda.2019.04.005.

Поступила 11.05.20

References

1. Singer P, Blaser A.R., Berger M.M., Alhazzani W., Calder P.C., Casaer M.P., Hiesmayr M., Mayer K., Montejo J.C., Pichard C., Preiser J.C., van Zanten A.R.H., Oczkowski S., Szczeklik W., Bischoff S.C. ESPEN guideline on clinical nutrition in the intensive care unit. *Clin Nutr.* 2019; 38 (1): 48–79. DOI: 10.1016/j.clnu.2018.08.037.
2. Luft V.M. Modern possibilities of nutritional support for patients in intensive care. *Vestnik anesteziologii i reanimatologii.* 2010; 3: 42–51. [In Russ.].
3. Puthuchery Z.A., McPhail M.J., Hart N. Acute skeletal muscle wasting in critical illness. *JAMA.* 2013; 310 (15): 1591–1600. DOI: 10.1001/jama.2013.278481.
4. Lim S.L., Ong K.C., Chan Y.H., Loke W.C., Ferguson M., Daniels L. Malnutrition and its impact on cost of hospitalization, length of stay, re-admission and 3-year mortality. *Clin Nutr.* 2012; 31 (3): 345–350. DOI: 10.1016/j.clnu.2011.11.001.
5. Berger M.M., Pichard C. Feeding should be individualized in the critically ill patients. *Curr Opin Crit Care.* 2019; 25 (4): 307–313. DOI: 10.1097/MCC.0000000000000625. PMID: 31145118.
6. Khoroshilov I. E. A personalized approach to nutritional support for malnourished and overnourished patients. *Pharmateka.* 2018; 2 (355): 48–52. DOI: 10.18565/pharmateca.2018.2.48-52. [In Russ.].
7. Kostyuchenko L.N. Disturbances of trophological status and methods of their determination in patients with diseases of the digestive system. *Ekspperimentalnaya i klinicheskaya gastroenterologiya.* 2009; 6: 13–20. [In Russ.].
8. Mourtzakis M., Wischmeyer P. Bedside ultrasound measurement of skeletal muscle. *Curr Opin Clin Nutr Metab Care.* 2014; 17 (5): 389–395. DOI: 10.1097/MCO.0000000000000088.
9. Chiba T., Lloyd D.A., Bowen A., Condon-Meyers A. Ultrasonography as a method of nutritional assessment. *JPEN J Parenter Enteral Nutr.* 1989; 13 (5): 529–534. DOI: 10.1177/0148607189013005529. PMID: 2691712.
10. Hendrickson N., Davison J., Schiller L., Willey M. Reliability and Validity of A-Mode Ultrasound to Quantify Body Composition. *J Orthop Trauma.* 2019; 33 (9): 472–477. DOI: 10.1097/BOT.0000000000001498.
11. Paris M., Mourtzakis M. Assessment of skeletal muscle mass in critically ill patients: considerations for the utility of computed tomography imaging and ultrasonography. *Curr Opin Clin Nutr Metab Care.* 2016; 19 (2): 125–130. DOI: 10.1097/MCO.0000000000000259.
12. Mourtzakis M., Parry S., Connolly B., Puthuchery Z. Skeletal Muscle Ultrasound in Critical Care: A Tool in Need of Translation. *Ann Am Thorac Soc.* 2017; 14 (10): 1495–1503. DOI: 10.1513/AnnalsATS.201612-967PS.
13. Formenti P., Umbrello M., Coppola S., Froio S., Chiumello D. Clinical review: peripheral muscular ultrasound in the ICU. *Ann Intensive Care.* 2019; 9 (1): 57. DOI: 10.1186/s13613-019-0531-x.
14. Ong C., Lee J.H., Leow M.K.S., Puthuchery Z.A. Skeletal Muscle Ultrasonography in Nutrition and Functional Outcome Assessment of Critically Ill Children: Experience and Insights from Pediatric Disease and Adult Critical Care Studies. *JPEN J Parenter Enteral Nutr.* 2017; 41 (7): 1091–1099. DOI: 10.1177/0148607116683143.
15. Mateos-Angulo A., Galán-Mercant A., Cuesta-Vargas A.I. Ultrasound Muscle Assessment and Nutritional Status in Institutionalized Older Adults: A Pilot Study. *Nutrients.* 2019; 11 (6). pii: E1247. DOI: 10.3390/nu11061247.
16. Jenkins N.D., Miller J.M., Buckner S.L., Cochrane K.C., Bergstrom H.C., Hill E.C., Smith C.M., Housh T.J., Cramer J.T. Test-Retest Reliability of Single Transverse versus Panoramic Ultrasound Imaging for Muscle Size and Echo Intensity of the Biceps Brachii. *Ultrasound Med Biol.* 2015; 41 (6): 1584–1591. DOI: 10.1016/j.ultrasmedbio.2015.01.017.
17. Hasegawa Y., Yoshida M., Sato A., Fujimoto Y., Minematsu T., Sugama J., Sanada H. Temporal muscle thickness as a new indicator of nutritional status in older individuals. *Geriatr Gerontol Int.* 2019; 19 (2): 135–140. DOI: 10.1111/ggi.13570.
18. Valente K.P., Silva N.M., Faioli A.B., Barreto M.A., Moraes R.A., Gualdini V.R. Thickness of the adductor pollicis muscle in nutritional assessment of surgical patients. *Einstein (Sao Paulo).* 2016; 14 (1): 18–24. DOI: 10.1590/S1679-45082016AO3596.
19. Fizez T., Hendrickx A., Van Herpe T., Vlasselaeers D., Desmet L., Van den Berghe G., Mesotten D. An Analysis of Reliability and Accuracy of Muscle Thickness Ultrasonography in Critically Ill Children and Adults. *JPEN J Parenter Enteral Nutr.* 2016; 40 (7): 944–949. DOI: 10.1177/0148607115575033.
20. Wilson D.V., Moorey H., Stringer H., Sahbudin I., Filer A., Lord J.M., Sapey E. Bilateral Anterior Thigh Thickness: A New Diagnostic Tool for the Identification of Low Muscle Mass? *J Am Med Dir Assoc.* 2019; 20 (10): 1247–1253.e2. DOI: 10.1016/j.jamda.2019.04.005.

Received 11.05.20