DOI: 10.48612/cgma/pe9p-vguk-v84f

ВОЗМОЖНОСТИ УЛЬТРАЗВУКОВОЙ ДОППЛЕРОГРАФИИ В ОЦЕНКЕ ПОСТПРАНДИАЛЬНОЙ ГИПЕРЕМИИ СПЛАНХНИЧЕСКИХ СОСУДОВ: ПИЛОТНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ У ЗДОРОВЫХ ДОБРОВОЛЬЦЕВ

А.А. Щучко[1], О.О. Капранова[1], И.Н. Пасечник[1, 2*]

[1] ГБУЗ «Городская клиническая больница № 29 им. Н.Э. Баумана ДЗМ», Москва

[2] ФГБУ ДПО «Центральная государственная медицинская академия» Управления делами Президента РФ, Москва

ULTRASONIC DOPPLOGRAPHY FOR THE ASSESSMENT OF POSTPRANDIAL HYPEREMIA OF THE SPLANCHNIC VESSELS: A PILOT STUDY IN HEALTHY VOLUNTEERS

A.A. Shchuchko[1], O.O. Kapranova[1], I.N. Pasechnik[1, 2*]

[1] Bauman City Clinical Hospital No 29, Moscow, Russia

[2] Central State Medical Academy of Department of Presidential Affairs, Moscow, Russia

***E-mail:** pasigor@yandex.ru

Аннотация

Современные подходы к выбору стартовой нутритивной поддержки у больных в критических состояниях требуют персонализации, основанной на объективных показателях функционального состояния желудочно-кишечного тракта. Критерии, используемые для определения толерантности к энтеральному питанию, недостаточно информативны и не всегда соответствуют реальной способности кишечника усваивать питательные вещества. **Цель** – изучить гемодинамические изменения в спланхнических сосудах до и после нагрузочной дозы энтерального питания у здоровых добровольцев методом ультразвуковой допплерографии для разработки основы персонализированного подхода к нутритивной поддержке у больных в критических состояниях. **Материалы и методы.** В проспективном исследовании участвовали 12 здоровых добровольцев. Проводили ультразвуковую допплерографию чревного ствола, верхней и нижней брыжеечных артерий, портальной вены натощак и через 40–60 минут после приема 100 мл изокалорической изонитрогенной смеси. **Результаты.** У всех добровольцев в исследуемых сосудах наблюдалось статистически значимое увеличение скорости кровотока после нагрузки. Наибольший прирост отмечен в портальной вене (90.6%), верхней брыжеечной артерии (46.6%), чревном стволе (28.9%) и нижней брыжеечной артерии (25.9%). Увеличение скорости кровотока наблюдали во всех исследуемых сосудах. **Заключение.** Ультразвуковая допплерография позволяет объективно оценить постпрандиальное увеличение скорости кровотока в спланхнических сосудах и может служить основой для персонализированной нутритивной поддержки пациентов в критических состояниях.

Ключевые слова: критические состояния, персонализированная нутритивная поддержка, ультразвуковая допплерография, спланхнический кровоток, постпрандиальная гиперемия.

Abstract

Modern ways to the nutritional support of critically ill patients require a personalized approach based on objective criteria for assessing the gastrointestinal functional status. The current criteria for assessing the tolerance to enteral nutrition are insufficiently informative and do not always correspond to the actual intestine potential to absorb nutrients. **Purpose.** To assess hemodynamic changes in the splanchnic vessels before and after enteral nutrition in healthy volunteers using ultrasound Doppler to develop a basic matrix for personalized nutritional support in critically ill patients. **Materials and methods.** A prospective study included 12 healthy volunteers. Ultrasound Doppler examination of the celiac trunk, superior and inferior mesenteric arteries, portal vein was performed on an empty stomach and 40-60 minutes after administration of 100 ml isocaloric isonitrogenous mixture. **Results.** All studied vessels showed a statistically significant increase in blood flow velocity after loading. The greatest increase was noted in the portal vein (90.6%), superior mesenteric artery (46.6%), celiac trunk (28.9%) and inferior mesenteric artery (25.9%). Positive reactions were noted in 100% of studied vessels. **Conclusion.** Ultrasound Doppler examination allows to objectively assess postprandial hyperemia in the splanchnic vessels and can serve as a basic level for developing approaches to personalized nutritional support in critically ill patients.

Keywords: critical conditions, personalized nutritional support, Doppler ultrasound, splanchnic blood flow, postprandial hyperemia.

Ссылка для цитирования: Щучко А.А., Капранова О.О., Пасечник И.Н. Возможности ультразвуковой допплерографии в оценке постпрандиальной гиперемии спланхнических сосудов: пилотное исследование у здоровых добровольцев. Кремлевская медицина. Клинический вестник. 2025; 4: 24–28.

Введение

Нутритивная поддержка является одним из ключевых компонентов комплексной терапии больных в критических состояниях (КС). Согласно современным клиническим рекомендациям, раннее энтеральное питание (ЭП) должно инициироваться в первые 24–48 часов поступления пациента в отделение реанимации и интенсивной терапии [1, 2]. ЭП способствует поддержанию структурной целостности и функциональной активности кишечника, предотвращая атрофию слизистой оболочки и нарушение барьерных функций, что снижает риск бактериальной транслокации и инфекционных осложнений [3, 4].

Установлено, что ЭП активизирует спланхнический кровоток, улучшая микроциркуляцию кишечника и способствуя адекватному всасыванию питательных веществ [5]. Присутствие питательных веществ в просвете кишечника после приема пищи увеличивает кровоток в органах желудочно-кишечного тракта, что проявляется в виде постпрандиальной гиперемии [6]. Это физиологическое явление имеет особое значение у больных в КС на фоне гипоперфузии и метаболических нарушений.

Несмотря на доказанную эффективность раннего ЭП, точные сроки его начала у больных в КС не определены и варьируют от 0 до 72 часов [7]. Критерии, используемые для определения толерантности желудочно-кишечного тракта к ЭП, такие как доза норадреналина и уровень лактата в артериальной крови, недостаточно информативны и не всегда соответствуют реальной способности кишечника усваивать питательные вещества [8]. Это связано с индивидуальными особенностями гемодинамики и метаболизма у больных в КС, что требует более точных и персонализированных подходов к проведению нутритивной поддержки.

Широкое внедрение методов ультразвукового исследования в арсенал врача отделения реанимации и интенсивной терапии открывает новые перспективы для персонализации нутритивной поддержки [9]. С помощью допплеровского исследования можно объективно оценить изменения кровотока в брыжеечных артериях, чревном стволе и воротной вене, что отражает адекватность спланхнической перфузии и всасывания питательных веществ [10]. Ультразвуковая допплерография является неинвазивным, доступным и воспроизводимым методом оценки гемодинамических изменений в спланхническом кровообращении [11].

Современная парадигма персонализированной медицины требует разработки индивидуализированных подходов к нутритивной поддержке на основе объективных критериев функционального состояния организма [12]. Интеграция ультразвуковых технологий в протоколы нутритивной поддержки может способствовать персонализации терапии, своевременной коррекции режима питания и улучшению клинических исходов у больных в КС.

Цель исследования – изучить с использованием метода ультразвуковой диагностики гемодинамические изменения в брыжеечных артериях, чревном стволе и воротной вене до и после нагрузочной дозы ЭП у здоровых добровольцев для разработки основы персонализированного подхода к нутритивной поддержке у пациентов в КС.

Материалы и методы

Проведено проспективное контролируемое исследование на базе ГБУЗ ГКБ № 29 им. Н.Э. Баумана ДЗМ в период июль – август 2025 г. Протокол исследования одобрен локальным этическим комитетом. У всех участников получено информированное согласие на участие в исследовании. Исследование соответствует этическим стандартам Хельсинкской декларации.

В первом этапе приняли участие 12 здоровых добровольцев (шесть мужчин и шесть женщин), соответствующих критериям включения. Средний возраст составил 33.8 ± 7.2 года (от 24 до 47 лет). Исследование проводилось натощак после 8–12 часов голодания для исключения влияния предыдущего приема пищи на показатели кровотока.

Критерии включения: возраст от 18 до 65 лет; отсутствие острых и хронических заболеваний желудочно-кишечного тракта; отсутствие острых заболеваний и коморбидной патологии в стадии декомпенсации; нормальные показатели глюкозы крови натощак (3.5–5.7 ммоль/л); отсутствие симптомов со стороны верхнего отдела желудочно-кишечного тракта по шкале GSRS (Gastrointestinal Symptom Rating Scale); индекс массы тела в пределах 19–29 кг/м^2.

Критерии исключения: беременность и период лактации; сахарный диабет; неврологические или психические заболевания; применение лекарственных препаратов, влияющих на моторику желудочно-кишечного тракта; артериальная гипертензия выше второй степени; нарушения ритма сердца; заболевания печени и желчевыводящих путей.

Исследование выполняли на современном ультразвуковом аппарате с функцией цветового и импульсного допплеровского картирования. Использовали конвексный датчик с частотой 2–5 МГц для оценки глубоко расположенных сосудов.

Пациента располагали в положении лежа на спине на кушетке с регулируемым изголовьем, на область живота наносили специальный акустический гель, обеспечивали 10-минутный отдых перед началом измерений для стабилизации гемодинамических показателей, контролировали дыхание пациента с задержкой дыхания на выдохе для повышения информативности, измеряли артериальное давление, частоту сердечных сокращений.

Протокол ультразвукового исследования спланхнических сосудов

Исследование чревного ствола (ЧС):

- поиск аорты в поперечном сечении в эпигастральной области;
- визуализация ЧС – «знак чайки»;
- перевод сосуда в продольную плоскость, переход в импульсно-волновую допплерографию;
- в проксимальном отделе (0.5–0.7 см дистальнее устья) – выбор точки максимальной скорости;
- обязательная коррекция угла Допплера ≤ 60° (предпочтительно 30–60°), параллельно оси сосуда;
- уменьшение размера контрольного объема до 1–2 мм и установка в центре потока;
- измерение пиковой систолической скорости (PSV, Peak Systolic Velocity) и конечно-диастолической скорости (EDV, End Diastolic Velocity);
- вычисление расчетных величин: средней скорости кровотока (MV, Mean Velocity) и индекса резистентности (RI, Resistive Index).

Исследование верхней брыжеечной артерии (ВБА):

- поиск аорты в поперечном сечении в эпигастральной области, начиная от уровня отхождения ЧС для идентификации ВБА как следующей крупной передней ветви;
- визуализация ВБА, которая отходит от передней стенки аорты, как правило, на 1–2 см дистальнее ЧС и идет параллельно аорте;
- перевод сосуда в продольную плоскость, переход в импульсно-волновую допплерографию;
- в проксимальном отделе (0.5–1.0 см дистальнее устья) выбираем точку максимальной скорости;
- обязательная коррекция угла Допплера ≤ 60° (предпочтительно 30–60°), параллельно оси сосуда;
- уменьшение размера контрольного объема до 1–2 мм и установка в центре потока;
- измерение пиковой систолической скорости (PSV) и конечно-диастолической скорости (EDV);

- вычисление расчетных величин: средней скорости кровотока (MV) и индекса резистентности (RI).

Исследование нижней брыжеечной артерии (НБА):

- поиск аорты в поперечном сечении в средней и дистальной частях брюшной полости, ниже отхождения почечных артерий;
- идентификация НБА как последней крупной передней ветви брюшной аорты, отходящей обычно на уровне позвонка L3-L4, выше бифуркации аорты;
- перевод сосуда в продольную плоскость, переход в импульсно-волновую допплерографию;
- в проксимальном отделе (0.5 см дистальнее устья) выбираем точку максимальной скорости;
- обязательная коррекция угла Допплера ≤ 60° (предпочтительно 30–60°), параллельно оси сосуда;
- уменьшение размера контрольного объема до 1–2 мм и установка в центре потока;
- измерение пиковой систолической скорости (PSV) и конечно-диастолической скорости (EDV);
- вычисление расчетных величин: средней скорости кровотока (MV) и индекса резистентности (RI).

Исследование воротной вены (ВВ):

- визуализация продольным сечением в области ворот печени из субкостального доступа и измерение до разделения на правую и левую ветви;
- переход в импульсно-волновую допплерографию;
- визуализация монофазной, слегка пульсирующей или волнистой кривой;
- измерение максимальной скорости кровотока (MV).

Оцениваемые гемодинамические параметры

Для артериальных сосудов:

- пиковая систолическая скорость (PSV) – максимальная скорость кровотока в систолу, см/с;
- конечная диастолическая скорость (EDV) – скорость кровотока в конце диастолы, см/с;
- индекс резистентности (RI = (PSV - EDV) / PSV) – показатель сосудистого сопротивления;
- средняя скорость потока (MV) – усредненная скорость кровотока за сердечный цикл, см/с.

Для воротной вены:

- максимальная скорость кровотока (MV) – максимальная скорость кровотока, см/с.

Протокол нагрузочного теста

1. Исходное исследование (T0): проведение ультразвукового исследования с допплерографией натощак всех указанных сосудов, измерение базовых гемодинамических показателей, оценка качества визуализации и оптимизация положения датчика, фиксация анатомических ориентиров для повторных измерений.

2. Энтеральная нагрузка: введение 100 мл изокалорического изонитрогенного напитка (энергетическая ценность 100 ккал); сбалансированный состав по белкам, жирам и углеводам в соотношении 1 : 1 : 4; время приема – 2–5 минут под контролем исследователя; положение пациента – полулежа для удобства приема; контроль полного приема всего объема смеси.

3. Повторное исследование (T1) проводили через 40–60 минут после приема напитка, повторную оценку всех параметров кровотока в тех же анатомических точках с использованием тех же технических параметров сканирования, контролировали идентичность условий исследования.

4. Анализ динамики: сравнение показателей до и после нагрузки, оценка степени постпрандиальной гиперемии, расчет процентного изменения каждого параметра, определение типа индивидуальной реакции.

Критерии качества исследования и стандартизация методики

Технические требования: четкая визуализация стенок сосуда без артефактов, гомогенное заполнение просвета сосуда цветом при цветовом допплеровском картировании, качественная допплеровская кривая с четкими контурами, воспроизводимость измерений (разброс < 10%).

Стандартизация процедуры: для каждого сосуда фиксировали не менее трех последовательных измерений с расчетом среднего значения, использовали цветовое допплеровское картирование для визуализации направления и характера кровотока, угол инсонации строго контролировали (< 60°) для точности измерений, все измерения проводили в стандартных условиях с контролем дыхания и положения пациента и ведением протокола исследования с фиксацией всех параметров.

Статистическая обработка данных

Статистическую обработку данных выполняли с использованием программного обеспечения Python 3.8. Проверку нормальности распределения количественных признаков проводили с помощью критерия Шапиро – Уилка. При нормальном распределении данные представлены как M ± SD, сравнение средних проводили с помощью парного t-критерия Стьюдента. Для анализа связи между переменными использовали корреляционный анализ Пирсона. Статистическая значимость различий принималась при $p < 0.05$.

Критерии оценки индивидуального ответа: положительный ответ – увеличение PSV ≥ 20% (для портальной вены MV ≥ 20%) или снижение RI ≥ 4% в любом из исследуемых сосудов, выраженный ответ – положительные изменения в трех и более сосудах, анализ частоты положительных ответов по каждому сосуду отдельно.

Результаты

В исследование были включены 12 здоровых добровольцев (шесть мужчин и шесть женщин) в возрасте от 24 до 47 лет (средний возраст – 33.8 ± 7.2 года). Все участники соответствовали критериям включения и успешно завершили исследование. Индекс массы тела составил 23.4 ± 2.8 кг/м². Базовые гемодинамические показатели: артериальное давление – 118 ± 12/76 ± 8 мм рт. ст., частота сердечных сокращений – 68 ± 11 уд/мин.

Во всех исследуемых сосудах наблюдались статистически значимые изменения гемодинамических показателей после приема нагрузочной дозы питания (табл. 1–3).

При анализе индивидуальных реакций на нагрузочный тест установлено, что все участники исследования (100%) продемонстрировали положительный ответ в одном или более сосудах. Выраженный ответ (положительные изменения в трех и более сосудах) наблюдался у 10 из 12 участников (83.3%).

Частота положительных ответов по сосудам:

- портальная вена – 12/12 (100%);
- ВБА – 11/12 (91.7%);
- чревный ствол – 7/12 (58.3%);
- НБА – 7/12 (58.3%).

Таблица 1

Изменения пиковой систолической скорости кровотока в спланхнических сосудах (для портальной вены – максимальной скорости кровотока)

Сосуд	До нагрузки (M ± SD), см/с	После нагрузки (M ± SD), см/с	Изменение, %	p	95%-ный доверительный интервал
Чревный ствол	100.9 ± 26.4	130.0 ± 44.4	+28.9	0.002	12.7–45.6
ВБА	101.8 ± 43.8	149.3 ± 78.9	+46.6	0.001	23.9–71.0
НБА	80.6 ± 35.0	101.4 ± 33.4	+25.9	0.002	9.3–32.4
Портальная вена	16.6 ± 7.4	31.6 ± 10.9	+90.6	<0.001	11.2–18.9

Таблица 2

Изменения конечной диастолической скорости кровотока

Сосуд	До нагрузки (M ± SD), см/с	После нагрузки (M ± SD), см/с	Изменение, %	p
Чревный ствол	24.9 ± 7.4	40.5 ± 13.5	+62.5	0.0002
ВБА	22.9 ± 11.5	36.9 ± 16.6	+60.8	0.0002
НБА	18.1 ± 8.2	25.3 ± 10.9	+39.9	0.0003

Таблица 3

Изменения индекса резистентности

Сосуд	До нагрузки (M ± SD)	После нагрузки (M ± SD)	Изменение, %	p
Чревный ствол	0.73 ± 0.11	0.67 ± 0.11	-8.6	0.0001
ВБА	0.76 ± 0.11	0.73 ± 0.11	-4.1	0.022
НБА	0.74 ± 0.17	0.74 ± 0.10	-0.4	0.929

Распределение участников по количеству положительных сосудов:

- четыре сосуда – три участника (25.0%);
- три сосуда – семь участников (58.3%);
- два сосуда – два участника (16.7%).

Корреляционный анализ между приростом PSV в различных сосудах выявил умеренные корреляционные связи:

- чревный ствол – ВБА: r = 0.34 (p > 0.05);
- ВБА – портальная вена: r = 0.41 (p > 0.05);
- чревный ствол – портальная вена: r = 0.28 (p > 0.05).

Слабые корреляции указывают на относительную независимость гемодинамических реакций в различных участках спланхнического кровообращения.

У всех участников максимальные изменения скорости кровотока наблюдались в интервале 40–60 минут после приема нагрузочной дозы. У 3 (25%) участников пиковые значения регистрировали на 40-й минуте, у 7 (58.3%) участников – на 50-й минуте, у 2 (16.7%) участников – на 60-й минуте.

Обсуждение

Полученные результаты демонстрируют выраженную и воспроизводимую постпрандиальную гиперемию во всех исследуемых сосудах спланхнического бассейна, что согласуется с известными физиологическими механизмами регуляции кровообращения желудочно-кишечного тракта. Наибольший прирост скорости кровотока был зафиксирован в портальной вене (90.6%), что объясняется ее ключевой ролью в транспорте питательных веществ от кишечника к печени.

Значительное увеличение кровотока в ВБА (46.6%) отражает активацию кровоснабжения тонкого кишечника, где происходит основное всасывание питательных веществ. Данный показатель может служить наиболее информативным маркером готовности тонкой кишки к усвоению ЭП. Умеренное увеличение кровотока в чревном стволе (28.9%) соответствует его роли в кровоснабжении желудка, двенадцатиперстной кишки и поджелудочной железы.

Менее выраженные изменения в НБА (25.9%) могут объясняться меньшим участием толстой кишки в процессах всасывания питательных веществ на раннем этапе пищеварения. Тем не менее статистически значимые изменения во всех исследуемых сосудах подтверждают системный характер постпрандиальной гемодинамической реакции.

Снижение индекса резистентности в чревном стволе (на 8.6%) и ВБА (на 4.1%) указывает на уменьшение периферического сопротивления, что является благоприятным признаком адекватной перфузии органов. Отсутствие значимых изменений RI в нижней брыжеечной артерии может отражать особенности регуляции тонуса сосудов толстой кишки.

Клиническое значение результатов

Универсальность положительного ответа (100% участников) подтверждает физиологическую природу постпрандиальной гиперемии и возможность ее использования в качестве маркера функциональной активности спланхнического кровообращения. Высокая частота выраженного ответа (83.3% участников) свидетельствует о скоординированной реакции различных сосудистых бассейнов на энтеральную стимуляцию.

Полученные данные о нормальных значениях постпрандиальных изменений могут служить референтными значениями для разработки персонализированных подходов к нутритивной поддержке у пациентов в КС. Методика позволяет выявить функциональные резервы спланхнического кровообращения и объективно оценить готовность кишечника к усвоению ЭП.

Методологические аспекты

Ультразвуковая допплерография является неинвазивным, безопасным и воспроизводимым методом оценки спланхнического кровотока. Метод позволяет проводить повторные измерения без дополнительных рисков для

пациента, что особенно важно для мониторинга динамических изменений у критических больных.

Стандартизация методики исследования, включающая контроль угла инсонации, положения пациента, времени исследования и других технических параметров, обеспечивает высокую воспроизводимость результатов. Использование количественных критериев оценки (прирост PSV (MV) ≥ 20%, снижение RI ≥ 4%) позволяет объективизировать интерпретацию результатов.

Перспективы клинического применения

Разработанная методика оценки постпрандиальной гиперемии может быть адаптирована для использования у пациентов в КС. Положительный ответ на тестовую дозу питания может служить объективным критерием для начала ЭП, а динамика показателей – для коррекции скорости введения и объема питательных смесей.

Персонализированный подход к нутритивной поддержке, основанный на ультразвуковой оценке спланхнического кровотока, может способствовать оптимизации времени начала ЭП, снижению частоты осложнений и улучшению клинических исходов у больных в КС.

Ограничения исследования

К ограничениям данного исследования следует отнести небольшой размер выборки, включение только здоровых добровольцев и отсутствие долгосрочного наблюдения. Необходимы дальнейшие исследования для валидации методики у пациентов с различными патологическими состояниями, влияющими на спланхническое кровообращение.

Кроме того, необходимы стандартизация состава и объема тестовой нагрузки, оптимизация временных интервалов исследования и разработка алгоритмов интерпретации результатов для различных категорий больных.

Выводы

1. Ультразвуковая допплерография позволяет объективно оценить постпрандиальную гиперемию спланхнических сосудов у здоровых добровольцев, демонстрируя статистически значимые изменения во всех исследуемых сосудах после стандартной энтеральной нагрузки.

2. Наибольшие изменения скорости кровотока наблюдаются в портальной вене и верхней брыжеечной артерии, что отражает их ключевую роль в транспорте и всасывании питательных веществ.

3. Универсальность положительного ответа на энтеральную нагрузку и высокая воспроизводимость метода создают основу для разработки объективных критериев готовности желудочно-кишечного тракта к ЭП.

4. Разработанная методика может служить основой для персонализированного подхода к нутритивной поддержке пациентов в КС, позволяя оптимизировать время начала и скорость титрации ЭП.

Литература

1. Blaser A.R. et al. Early enteral nutrition in critically ill patients: ESICM clinical practice guidelines // Intensive Care Med. – 2017. – V. 43. – No 3. – P. 380–398. DOI: 10.1007/s00134-016-4665-0.
2. Singer P. et al. ESPEN guideline on clinical nutrition in the intensive care unit // Clin. Nutr. – 2019. – V. 38. – No 1. – P. 48–79. DOI: 10.1016/j.clnu.2018.08.037.
3. Поцхверия М.М. и др. Современные подходы к энтеральному питанию в интенсивной терапии // Журнал им. Н.В. Склифосовского «Неотложная медицинская помощь». – 2021. – Т. 10. – № 1. – С. 108–121. [Potskhveria M.M. et al. Modern approaches to enteral nutrition in intensive care // N.V. Sklifosovsky Journal “Emergency Medical Care”. – 2021. – V. 10. – No 1. – P. 108–121. In Russian]. DOI: 10.23934/2223-9022-2021-10-1-108-121.
4. Wischmeyer P.E. et al. Personalized nutrition therapy in critical care: 10 expert recommendations // Crit. Care. – 2023. – V. 27. – No 1. – P. 261. DOI: 10.1186/s13054-023-04549-3.
5. De Aguilar-Nascimento J.E. et al. Role of macronutrients in gastrointestinal blood flow // Curr. Opin. Clin. Nutr. Metab. Care. – 2005. – V. 8. – No 5. – P. 552–556. DOI: 10.1097/01.mco.0000171132.52792.8f.
6. Someya N. et al. Blood flow responses in celiac and superior mesenteric arteries in the initial postprandial phase // Am. J. Physiol. Regul. Integr. Comp. Physiol. – 2008. – V. 294. – No 6. – P. R1790–R1796. DOI: 10.1152/ajpregu.00553.2007.
7. Flordelís Lasierra J.L. et al. Enteral nutrition in the hemodynamically unstable critically ill patient // Medicina Intensiva. – 2015. – V. 39. – No 1. – P. 40–48. DOI: 10.1016/j.medin.2014.07.007.
8. Van Zanten A.R.H. et al. High-protein enteral nutrition enriched with immune-modulating nutrients vs standard high-protein enteral nutrition and nosocomial infections in the ICU: a randomized clinical trial // JAMA. – 2014. – V. 312. – No 5. – P. 514–524. DOI: 10.1001/jama.2014.7698.
9. Hashem R.H. et al. Doppler ultrasound assessment of the splanchnic circulation in preterms with neonatal sepsis at risk for necrotizing enterocolitis // J. Ultrasound. – 2017. – V. 20. – No 1. – P. 59–67. DOI: 10.1007/s40477-016-0234-9.
10. Nguyen T.A.N. et al. Nutrient stimulation of mesenteric blood flow in critical illness // Curr. Opin. Clin. Nutr. Metab. Care. – 2017. – V. 20. – No 2. – P. 175–181. DOI: 10.1097/MCO.0000000000000356.
11. Iwao T. et al. Postprandial splanchnic hemodynamic response in patients with cirrhosis of the liver: evaluation with “triple-vessel” duplex US // Radiology. – 1996. – V. 201. – No 3. – P. 711–715. DOI: 10.1148/radiology.201.3.8939220.
12. Hermans A.J.H. et al. Current insights in ICU nutrition: tailored nutrition // Curr. Opin. Crit. Care. – 2023. – V. 29. – No 2. – P. 139–146. DOI: 10.1097/MCC.0000000000001020.
13. Preiser J.C. et al. A guide to enteral nutrition in intensive care units: 10 expert tips // Crit. Care. – 2021. – V. 25. – No 1. – P. 424. DOI: 10.1186/s13054-021-03865-z.
14. Siebner T.H. et al. No difference in postprandial mesenteric blood flow response between healthy young and elderly subjects // Scand. J. Gastroenterol. – 2024. – V. 59. – No 4. – P. 398–405. DOI: 10.1080/00365521.2024.2329461.
15. Zhang W. et al. Changes in muscle ultrasound for the diagnosis of intensive care unit acquired weakness // Sci. Rep. – 2021. – V. 11. – P. 18459. DOI: 10.1038/s41598-021-97680-y.