

*Скворцов Всеволод Владимирович,
доктор медицинских наук,
профессор кафедры внутренних болезней*

ФГБОУ ВО ВолгГМУ МЗ РФ

Россия, г. Волгоград

Абдулазиева Аминат Магомедовна,

студентка,

3 курс, лечебный факультет

ФГБОУ ВО ВолгГМУ МЗ РФ

Россия, г. Волгоград

Тигранян Сюзанна Арменовна,

студентка,

3 курс, лечебный факультет

ФГБОУ ВО ВолгГМУ МЗ РФ

Россия, г. Волгоград

Скворцов Юрий Всеволодович,

студент,

4 курс, факультет биотехнологий

ФГАОУ Университет ИТМО

Россия, г. Санкт-Петербург

НАРУШЕНИЯ МИКРОЦИРКУЛЯЦИИ У ПАЦИЕНТОВ С COVID-19 И СПОСОБЫ ИХ КОРРЕКЦИИ

Аннотация: Микроциркуляция – упорядоченное движение крови и лимфы по микрососудам и капиллярам, ее нарушение влечёт за собой серьезные изменения в организме человека. Тропность SARS-CoV-2 к эндотелию сосудов является ключевой причиной микроциркуляторной

дисфункции. Лабораторными признаками являются повышение индексов коагуляции, D-димера, фибриногена. Главным методом коррекции является применение антикоагулянтов, в некоторых случаях проводятся тромболизис и стентирование. В данной статье рассмотрены особенности патогенеза микроциркуляторных расстройств, обусловленных COVID-19, и методы коррекции данных нарушений.

Ключевые слова: микроциркуляция, COVID-19, нарушение перфузии, D-димер, эндотелий сосудов, пульс-терапия.

Annotation: Microcirculation is the orderly movement of blood and lymph through microvessels and capillaries, a violation of microcirculation entails reversible and irreversible changes in the human body. The tropicity of SARS-CoV-2 to the vascular endothelium is a key cause of microcirculatory dysfunction. Laboratory signs include increased coagulation indices, D-dimer, and fibrinogen. The main method of correcting microcirculatory disorders is the use of anticoagulants, in some cases thrombolysis and stenting are performed. This article discusses the features of the pathogenesis of microcirculatory disorders caused by COVID-19, and methods for correcting these disorders.

Key words: microcirculation, COVID-19, perfusion disorder, D-dimer, vascular endothelium, pulse therapy.

Микроциркуляция (МЦ) – совокупность взаимосвязанных процессов перемещения крови и лимфы по капиллярам, основной функцией которых является обеспечение адекватного транспорта газов, веществ и жидкостей. При нарушении МЦ происходит затруднение перфузии тканей с последующей ишемией и некрозом. К системе МЦ относят сосуды маленького диаметра - 150-200 мкм и менее.

Этиология и патогенез

Инвазия вируса SARS-CoV-2 происходит путем проникновения через эндотелий, который экспрессирует ангиотензин-превращающий фермент 2

(ACE2) и трансмембранную протеазу серина 2 (TMPRSS-2) со спайк-белком (S-белок) вируса. ACE2 присутствует в артериальных и венозных эндотелиальных клетках ряда органов (слизистая оболочка полости рта и носа, носоглотка, легкие, желудок, тонкий кишечник, толстая кишка, кожа, лимфатические узлы, тимус, костный мозг, селезенка, печень, почки, головной мозг). [1]

По форме нарушений микроциркуляции патофизиологи выделяют: артериальная гиперемия, венозная гиперемия, ишемия.

Артериальная гиперемия – увеличение притока артериальной крови, вызванное выделением провоспалительных медиаторов в пораженной ткани (TNF- α , IL-6 и IL-1 β и др.) при поражении COVID-19.

Венозная гиперемия – затруднение оттока крови от органа/ткани. При COVID-19 происходит поражение эндотелиальных клеток вен, в результате которого снижается их тонус. Как правило, ярче всего это проявляется вместе с максимальным венозным давлением – в нижних конечностях. [2]

В целом, COVID-19 связан с высоким риском тромбозов из-за повреждающего действия SARS-CoV-2 на эндотелиальные клетки. Так, при развитии грозного осложнения – цитокинового шторма – происходит активация системы комплемента по лектиновому пути и ряд каскадных иммунных процессов запускает агрегацию клеток крови. Повреждение эндотелия сосудов в дальнейшем ведёт к образованию атеросклеротических бляшек. [3]

Клиническая картина

Поскольку кровоснабжение легких происходит по сосудам малого круга кровообращения (МКК), то здесь происходят нарушения газообмена. Это, в частности, может проявляться тромбоэмболией легочной артерии (ТЭЛА) или ее мелких и более крупных ветвей. Литературные источники связывают высокую распространенность ТЭЛА с COVID-19. [3-4]

Клиника ТЭЛА состоит из трех синдромов:

- 1) лёгочно-плевральный (одышка, кровохарканье, цианоз);
- 2) кардиальный (тахикардия, гипотония, боль за грудиной);
- 3) церебральный (гемиплегия, парезы, угнетение сознания).

У пациентов преобладает интерстициальный фиброз легких, сопровождающийся изменениями на КТ по типу «матового стекла». Клиника проявляется менее ярко. Так, у пациентов с ТЭЛА в 66% наблюдался кашель и одышка, в среднем у данных пациентов SpO₂ падал до 86,9%. Так же в клинической картине у таких пациентов чаще всего преобладает кардиальный синдром. [4]

Цитокиновый шторм – гипервоспалительное состояние, вызванное избыточной продукцией цитокинов иммунной системой. Клинически проявляется как гриппоподобный синдром, который может осложняться полиорганной недостаточностью и коагулопатией. Персистирующая лихорадка с очень высокой температурой тела (40-41) в тяжелых случаях. Другие описанные симптомы включают усталость, головную боль, артромиалгию, диарею, лимфаденопатию, гепатоспленомегалию, кожную сыпь. У тяжелых пациентов может развиваться синдром диссеминированного внутрисосудистого свертывания крови (ДВС). У 15% тяжелобольных ковидом ДВС-синдром ведет к нарушению микроциркуляции почек, острому почечному повреждению, ОПП, и ОПН. [4]

Лабораторно-инструментальная диагностика

Для оценки гемодинамики при нарушениях МЦ применяется метод mDLC (Dynamic Light Scattering), основанный на отражении лазерного света от движущихся эритроцитов, что позволяет определить скорость кровотока и гемодинамический индекс (HI).

- HI включает три компонента:
- HI1 — низкочастотный индекс, отражающий медленные межслоевые взаимодействия.
 - HI2 — промежуточный индекс (прекапиллярный и капиллярный кровотоки).

- НІЗ — высокочастотный индекс, характеризующий быстрые процессы сдвига слоёв.

В исследовании под руководством Кузника Б. И. у пациентов с COVID-29 средней тяжести и тяжелой форм выявлен рост всех показателей НІ, при этом НІЗ был наименее повышен. Наиболее выраженные изменения наблюдались у НІ1, что указывает на характерные нарушения микроциркуляции при данной патологии [3].

Главные признаки – повышение в крови индексов коагуляции, D-димера, фибриногена, продуктов деградации фибриногена (ПДФ), ферритина. Особенно выделяют уровень D-димера у пациентов с тромбоэмболией, данный показатель у них выше 1 мг/л. Было установлено, что значение D-димера 2,0 мг/л выступает предиктором летального исхода (чувствительность 92,3%, специфичность 83,3%) [4].

Методы коррекции

Для снижения риска тромбообразования и осложнений (ТЭЛА, ОКС, инсульт) всем обследованным пациентам рекомендуются антикоагулянты, включая стандартную парентеральную антикоагуляцию (гепарин, фраксипарин, надропарин). При ТЭЛА препаратами первой линии являются тромболитики, такие как алтеплаза. При наличии противопоказаний или их неэффективности возможны экстренная хирургическая эмболэктомия или чрескожное катетерное вмешательство. Для уменьшения воспаления применяются глюкокортикостероиды (ГКС), однако пульс-терапия, несмотря на клиническое улучшение, повышает уровень D-димера (с 1,41 до 1,98), что указывает на рост риска тромбоэмболии. [4-5]

Заключение

Главной причиной расстройств МЦ является тропность SARS-CoV-2 к эндотелию сосудов с последующим развитием тромбов и блокады МЦ, влекущих за собой такие состояния, как ТЭЛА, ОКС, тромбоэмболии нижних конечностей. Развитие цитокинового шторма приводит к нарушениям

гемодинамики во всем организме по типу ДВС-синдрома с преобладанием нарушений в мелких артериолах и капиллярах.

Главным методом коррекции микроциркуляторных нарушений является применение парентеральных и пероральных антикоагулянтов (гепарин, апиксабан, ривароксабан), а также тромболизис или стентирование при развившемся инфаркте миокарда и ТЭЛА.[5]

Использованные источники:

1. Макарова Ю.А., Рябкова В.А., Салухов В.В., Сагун Б.В., Коровин А.Е., Чурилов Л.П. Атеросклероз, сердечно-сосудистые заболевания и COVID-19: коморбидный патогенез // Диагностика. - 2023. - № 13. - С. 478-482.
2. Кузник Б.И., Смоляков Ю.Н., Гусева Е.С., Давыдов С.О., Файн И.В. Влияние умеренных физических нагрузок на связь вариабельности сердечного ритма с уровнем артериального давления и гемодинамическими функциями у женщин с гипертонической болезнью. // Патологическая физиология и экспериментальная терапия. - 2020. - № 64. - С. 64-73.
3. Evolution of the novel coronavirus from the ongoing Wuhan outbreak and modeling of its spike protein for risk of human transmission // SpringerLink URL: <https://link.springer.com/article/10.1007/s11427-020-1637-5> (дата обращения: 15.03.2026).
4. Paper-based microfluidics: Simplified fabrication and assay methods // PubMed URL: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/32306492/> (дата обращения: 16.08.2024).
5. The microcirculation as a functional system // BMC URL: <https://ccforum.biomedcentral.com/articles/10.1186/cc3751> (дата обращения: 16.03.2026).