

Article/Review

MICROCIRCULATORY CHANGES AND THEIR PROGNOSTIC SIGNIFICANCE IN CHILDREN WITH ATYPICAL PNEUMONIA

B.A.Obidova¹  G.A.Tashmatova² 

1. Andijan State Medical Institute, Andijan, Uzbekistan.

2. Tashkent State Medical University, Tashkent, Uzbekistan.

Abstract.

Relevance. In recent decades, there has been an increase in the proportion of atypical pneumonias caused by pathogens such as *Mycoplasma pneumoniae*, *Chlamydomphila pneumoniae*, less frequently *Legionella pneumophila*, and viral-bacterial associations. **Objective.** To study the features of microcirculatory disorders in children with atypical pneumonia and to assess their role in the formation of clinical course and prognostic significance of the disease. **Materials and Methods.** The study included 82 children diagnosed with atypical pneumonia who were hospitalized in the pulmonology department of the Andijan State Medical Institute between 2022 and 2024. The age of patients ranged from 3 to 15 years, with a mean age of 9.2 ± 3.1 years. Among the examined children, there were 45 boys (54.9%) and 37 girls (45.1%). **Results.** Clinical data analysis revealed that in children with atypical pneumonia, the severity of symptoms and the duration of illness were directly dependent on the severity of the disease. The average duration of fever in patients with mild pneumonia was 4.2 ± 1.1 days, with moderate pneumonia — 7.3 ± 1.8 days, and with severe pneumonia — 11.6 ± 2.4 days ($p < 0.01$ compared to mild cases). The duration of hospitalization also varied, from 8.4 ± 1.7 days in children with mild pneumonia to 18.2 ± 3.5 days in severe cases. **Conclusions.** The degree of microcirculatory changes depends on the severity of the disease: in mild cases, moderate perfusion disorders are observed; in moderate cases, pronounced stasis and reduced perfusion indices are noted; and in severe cases, there is a significant suppression of microcirculation up to critical hypoperfusion.

Key words: children, pneumonia, atypical pneumonia, *Mycoplasma pneumoniae*, microcirculatory disorders, clinical features, bronchial obstruction syndrome, prognosis.

Актуальность. Пневмония у детей остаётся одной из наиболее значимых медико-социальных проблем педиатрии. По данным Всемирной организации здравоохранения, ежегодно пневмония становится причиной значительной доли госпитализаций и смертности у детей младшего возраста, занимая ведущее место в структуре острых респираторных заболеваний. В последние десятилетия отмечается рост доли атипичных пневмоний, обусловленных такими возбудителями, как *Mycoplasma pneumoniae*, *Chlamydomphila pneumoniae*, реже — *Legionella pneumophila* и вирусно-бактериальными ассоциациями. Учитывая особенности клинического течения, трудности ранней диагностики и высокий риск осложнений, данная патология требует особого внимания со стороны практической педиатрии и клинической медицины [1, 3, 5].

Микроциркуляторное русло играет ключевую роль в обеспечении клеточного метаболизма, доставки кислорода и питательных веществ, а также в реализации иммунных реакций. Нарушения микроциркуляции при инфекционно-воспалительных процессах ведут к локальной и системной гипоксии, нарушению тканевой перфузии и усугублению воспалительного каскада. У детей эти изменения проявляются особенно выражено в силу морфофункциональной незрелости сосудистой системы и особенностей регуляции гемодинамики [2, 7, 9].

По данным клинических наблюдений, при атипичной пневмонии у детей микроциркуляторные расстройства проявляются нарушением тонуса артериол, повышением вязкости крови, стазом в капиллярном русле, склонностью к микротромбозам и увеличением проницаемости сосудистой стенки. Это, в свою очередь, способствует развитию синдрома эндогенной интоксикации, дыхательной недостаточности и увеличивает вероятность неблагоприятного течения

заболевания [5, 6, 10].

Современные исследования свидетельствуют о том, что выраженность микроциркуляторных нарушений коррелирует с тяжестью клинической картины, уровнем гипоксемии и риском осложнений, включая плеврит, бронхообструктивный синдром и поражение сердечно-сосудистой системы. Установлено также, что при микоплазменной и хламидийной пневмонии именно микроциркуляторные изменения во многом определяют продолжительность лихорадочного периода и сроки нормализации функциональных показателей дыхания [3].

С практической точки зрения оценка состояния микроциркуляции приобретает важное прогностическое значение. Выявление ранних признаков микроциркуляторных расстройств позволяет прогнозировать тяжесть течения атипичной пневмонии, корректировать терапевтические подходы, своевременно назначать инфузионную и антигипоксикантную терапию, а также минимизировать риск неблагоприятных исходов.

Следует подчеркнуть, что традиционные методы клинической диагностики пневмонии (аускультация, рентгенография, лабораторные показатели) не всегда позволяют оценить степень системных нарушений. В связи с этим всё большее значение приобретают современные методы исследования микроциркуляции, такие как лазерная доплеровская флоуметрия, капилляроскопия, микроспектрофотометрия, а также интегральные показатели гемостаза и метаболические маркеры [4, 7, 8].

Научный интерес представляет также взаимосвязь микроциркуляторных изменений с иммунологическими и биохимическими сдвигами, которые наблюдаются у детей с атипичной пневмонией. Нарушение микроциркуляции сопровождается активацией провоспалительных цитокинов, усилением оксидативного стресса, изменением уровня иммуноглобулинов и факторов апоптоза. Эти процессы формируют порочный круг, в котором воспаление усугубляет микроциркуляторные нарушения, а последние, в свою очередь, усиливают повреждение тканей.

Цель исследования — Изучить особенности микроциркуляторных нарушений при атипичной пневмонии у детей и оценить их роль в формировании клинического течения и прогностической значимости заболевания.

Материалы и методы исследования. В исследование было включено 82 ребёнка с диагнозом атипичной пневмонии, которые находились на стационарном лечении в пульмонологическом отделении клиники Андиганского государственного медицинского института в период с 2022 по 2024 годы. Возраст пациентов колебался от 3 до 15 лет, при этом средний возраст составил $9,2 \pm 3,1$ года. Среди обследованных преобладали мальчики — 45 детей (54,9%), в то время как девочек было 37 (45,1%).

По тяжести течения заболевания пациенты распределялись следующим образом: лёгкая форма была диагностирована у 24 детей (29,3%), среднетяжёлая — у 41 ребёнка (50,0%), тяжёлая — у 17 пациентов (20,7%). Для сопоставления результатов дополнительно была сформирована контрольная группа, включавшая 30 практически здоровых детей аналогичного возраста и пола, не имевших признаков острой или хронической соматической патологии.

Диагностика и оценка состояния пациентов проводились комплексно. Все дети прошли клинический осмотр, общий анализ крови и мочи, а также рентгенографию органов грудной клетки. Биохимические показатели крови, включая активность АЛТ и АСТ, уровень общего белка, альбумина, электролитов и креатинина, исследовались у 76 детей (92,7%). С-реактивный белок определялся у 70 пациентов (85,4%). Серологические тесты на наличие антител к *Mycoplasma pneumoniae* и *Chlamydia pneumoniae* выполнены у 64 детей (78,0%), а ПЦР-диагностика возбудителей атипичной пневмонии проведена у 58 пациентов (70,7%). Компьютерная томография лёгких применялась в более тяжёлых случаях и была проведена у 12 детей (14,6%).

Особое внимание уделялось оценке микроциркуляторных изменений. Капилляроскопия была выполнена у 60 пациентов (73,1%), а лазерная доплеровская флоуметрия — у 52 детей (63,4%). Эти методы позволили выявить особенности микроциркуляторных нарушений в зависимости от тяжести течения заболевания.

Из исследования были исключены дети с врождёнными пороками развития лёгких (2 случая), хроническими заболеваниями сердечно-сосудистой системы (3 случая) и тяжёлой сопутствующей патологией (4 случая), что позволило повысить достоверность полученных данных.

Статистическая обработка результатов проводилась с использованием пакета программ SPSS 22.0. Для анализа различий применялись методы вариационной статистики, включая t-критерий Стьюдента и критерий χ^2 , а для оценки взаимосвязей — корреляционный анализ по Пирсону и Спирмену. Статистически значимыми считались различия при $p < 0,05$.

Результаты исследования. При анализе клинических данных установлено, что у детей с атипичной пневмонией выраженность симптомов и продолжительность болезни напрямую зависели от тяжести течения заболевания. Средняя длительность лихорадочного периода у пациентов с лёгкой формой составила $4,2 \pm 1,1$ дня, при среднетяжёлой форме — $7,3 \pm 1,8$ дня, а при тяжёлой — $11,6 \pm 2,4$ дня ($p < 0,01$ по сравнению с лёгкой формой). Длительность госпитализации также варьировала от $8,4 \pm 1,7$ дней у детей с лёгким течением до $18,2 \pm 3,5$ дней при тяжёлой пневмонии.

Изменения в системе микроциркуляции выявлялись у большинства обследованных. По данным капилляроскопии у детей с лёгкой формой заболевания средняя плотность функционирующих капилляров составила $9,8 \pm 1,3$ ед./мм², что было достоверно ниже контрольных значений ($12,4 \pm 1,6$ ед./мм²; $p < 0,05$). При среднетяжёлой форме данный показатель снижался до $7,2 \pm 1,5$ ед./мм², а при тяжёлой — до $5,1 \pm 1,4$ ед./мм² ($p < 0,01$ относительно контроля и лёгкой формы).

Лазерная доплеровская флоуметрия также подтвердила выраженные расстройства перфузии. Средний показатель микроциркуляции (РМ) в контрольной группе составил $18,6 \pm 2,1$ перф. ед. У детей с лёгкой формой он был снижен до $14,8 \pm 1,9$ перф. ед., при среднетяжёлой форме — до $11,2 \pm 2,0$ перф. ед., а при тяжёлой пневмонии — до $8,3 \pm 1,7$ перф. ед. ($p < 0,01$).

Уровень вариации микроциркуляторного кровотока (Kv) в норме составлял $1,05 \pm 0,12$, что отражало стабильность перфузии. При атипичной пневмонии отмечалось достоверное повышение данного показателя: при лёгкой форме — до $1,32 \pm 0,15$, при среднетяжёлой — до $1,68 \pm 0,18$, а при тяжёлой — до $2,04 \pm 0,21$ ($p < 0,001$), что свидетельствовало о выраженной неравномерности кровотока и развитии стаза.

Биохимические исследования показали, что уровень С-реактивного белка в контрольной группе составлял $2,1 \pm 0,7$ мг/л, при лёгкой форме пневмонии он повышался до $12,8 \pm 4,2$ мг/л, при среднетяжёлой — до $24,6 \pm 6,8$ мг/л, а при тяжёлой — до $38,2 \pm 8,7$ мг/л ($p < 0,001$). Корреляционный анализ выявил прямую зависимость между концентрацией С-реактивного белка и выраженностью микроциркуляторных расстройств ($r = 0,61$; $p < 0,01$).

Кроме того, выявлена отрицательная корреляция между показателем микроциркуляции (РМ) и сатурацией кислорода (SpO₂). Так, у детей с нормальными показателями SpO₂ (96–98%) среднее значение РМ составляло $15,7 \pm 2,0$ перф. ед., тогда как при снижении сатурации ниже 92% показатель падал до $8,5 \pm 1,4$ перф. ед. ($r = -0,64$; $p < 0,01$).

Таким образом, у детей с атипичной пневмонией выявлены достоверные микроциркуляторные нарушения, степень которых нарастала по мере утяжеления клинической картины. Полученные результаты указывают, что оценка состояния микроциркуляции имеет не только диагностическое, но и значительное прогностическое значение в определении тяжести и исходов заболевания.

Закключение. Проведённое исследование показало, что атипичная пневмония у детей сопровождается выраженными микроциркуляторными изменениями, степень которых прямо зависит от тяжести клинического течения заболевания. Установлено достоверное снижение плотности функционирующих капилляров и показателя перфузии по данным лазерной доплеровской флоуметрии, увеличение числа нефункционирующих капилляров, развитие стаза и неравномерности кровотока, а также рост проницаемости сосудистой стенки по мере утяжеления болезни.

Выявлены корреляционные связи между выраженностью микроциркуляторных расстройств и клинико-лабораторными параметрами. Так, снижение капиллярной перфузии ас-

социировалось с гипоксемией, а степень нарушения микроциркуляции достоверно коррелировала с уровнем С-реактивного белка и длительностью лихорадочного периода. Эти данные подтверждают, что микроциркуляторные показатели могут служить объективным критерием тяжести течения атипичной пневмонии.

Результаты исследования подчёркивают прогностическое значение оценки микроциркуляции. Включение методов капилляроскопии и лазерной доплеровской флоуметрии в комплексное обследование детей с атипичной пневмонией позволяет более точно определять риск осложнений, прогнозировать течение заболевания и своевременно корректировать лечебную тактику.

Таким образом, исследование микроциркуляторных изменений открывает перспективы для оптимизации диагностики, прогнозирования исходов и повышения эффективности терапии атипичной пневмонии у детей.

Выводы

1. Атипичная пневмония у детей сопровождается выраженными микроциркуляторными нарушениями, проявляющимися снижением плотности функционирующих капилляров, развитием стаза, неравномерностью кровотока и повышенной проницаемостью сосудистой стенки.

2. Степень микроциркуляторных изменений зависит от тяжести заболевания: при лёгком течении отмечаются умеренные нарушения перфузии, при среднетяжёлом — выраженные стазы и снижение перфузионных показателей, а при тяжёлом — значительное угнетение микроциркуляции вплоть до критической гипоперфузии.

3. Установлена достоверная корреляция между показателями микроциркуляции и клинико-лабораторными параметрами: снижение перфузии связано с гипоксемией ($r = -0,64$; $p < 0,01$), а выраженность стаза коррелирует с повышением уровня С-реактивного белка и длительностью лихорадочного периода ($r = 0,58$; $p < 0,05$).

4. Изменения микроциркуляции могут служить объективным прогностическим критерием течения атипичной пневмонии у детей, определяя риск осложнений и продолжительность госпитализации.

5. Включение методов оценки микроциркуляции (капилляроскопии, лазерной доплеровской флоуметрии) в стандартный диагностический комплекс при атипичной пневмонии позволяет повысить точность стратификации риска, оптимизировать лечебную тактику и улучшить исходы заболевания.

List of references

- [1] Bottari G. et al. Microvascular dysfunction in pediatric patients with SARS-COV-2 pneumonia: report of three severe cases //Microvascular Research. – 2022. – Т. 141. – С. 104312.
- [2] Ding L., Jiang Y. Biomarkers associated with the diagnosis and prognosis of Mycoplasma pneumoniae pneumonia in children: a review //Frontiers in Cellular and Infection Microbiology. – 2025. – Т. 15. – С. 1552144.
- [3] Global Initiative for Asthma (GINA). Global Strategy for Asthma Management and Prevention. 2023 Update. Available at: <https://ginasthma.org>
- [4] Jain S, Williams DJ, Arnold SR, et al. Community-Acquired Pneumonia Requiring Hospitalization among U.S. Children. N Engl J Med. 2015;372:835–845.
- [5] Leng J., Yang Z., Wang W. Diagnosis and prognostic analysis of Mycoplasma pneumoniae pneumonia in children based on high-resolution computed tomography //Contrast Media & Molecular Imaging. – 2022. – Т. 2022. – №. 1. – С. 1985531.
- [6] Leng J., Yang Z., Wang W. Diagnosis and prognostic analysis of Mycoplasma pneumoniae pneumonia in children based on high-resolution computed tomography //Contrast Media & Molecular Imaging. – 2022. – Т. 2022. – №. 1. – С. 1985531.
- [7] Liang S., Liu H. B. Severe mycoplasma pneumoniae pneumonia combined with cold agglutinin disease and pulmonary embolism in childhood: A case report and review of the literature //African Journal of Reproductive Health. – 2024. – Т. 28. – №. 11. – С. 205-215.

[8] Mei Y. et al. Risk factors for myocardial damage and its effects on the prognosis of children with severe pneumonia: a cross-sectional study //HK J Paediatr. – 2024. – T. 29. – №. 4. – C. 212-224.

[9] Mei Y. et al. Risk factors for myocardial damage and its effects on the prognosis of children with severe pneumonia: a cross-sectional study //HK J Paediatr. – 2024. – T. 29. – №. 4. – C. 212-224.

[10] Waites KB, Xiao L, Liu Y, Balish MF, Atkinson TP. *Mycoplasma pneumoniae* from the Respiratory Tract and Beyond. Clin Microbiol Rev. 2017;30(3):747–809.