



IF = 9.2

**CHRONIC POSTTRAUMATIC OSTEOMYELITIS****Yusufzhonov Dostonbek Ikhtiyorzhon Ugli****Tairova Madina Ilhomovna**

Tashkent State Medical University

<https://doi.org/10.5281/zenodo.19483447>**ARTICLE INFO**Received: 01<sup>st</sup> April 2026Accepted: 08<sup>th</sup> April 2026Online: 09<sup>th</sup> April 2026**KEYWORDS**

*Chronic post-traumatic osteomyelitis, bone infection, pathogenesis, risk factors, early diagnosis, biofilms, laboratory markers, MRI, microbiological diagnostics.*

**ABSTRACT**

*Chronic post-traumatic osteomyelitis is a severe infectious and inflammatory complication of bone injuries. This article reviews the main mechanisms of disease development, risk factors, and early clinical features. Modern diagnostic methods, including laboratory, imaging, and microbiological techniques, are analyzed. The importance of early detection and a multidisciplinary approach for improving patient outcomes is emphasized.*

**ХРОНИЧЕСКИЙ ПОСТТРАВМАТИЧЕСКИЙ ОСТЕОМИЕЛИТ****Юсуфжонов Достонбек Ихтиёржон угли****Таирова Мадина Илхомовна**

Ташкентский Государственный Медицинский Университет

<https://doi.org/10.5281/zenodo.19483447>**ARTICLE INFO**Received: 01<sup>st</sup> April 2026Accepted: 08<sup>th</sup> April 2026Online: 09<sup>th</sup> April 2026**KEYWORDS**

*Chronic post-traumatic osteomyelitis, bone infection, pathogenesis, risk factors, early diagnosis, biofilms, laboratory markers, MRI, microbiological diagnostics.*

**ABSTRACT**

*Chronic post-traumatic osteomyelitis is a severe infectious and inflammatory complication of bone injuries. This article reviews the main mechanisms of disease development, risk factors, and early clinical features. Modern diagnostic methods, including laboratory, imaging, and microbiological techniques, are analyzed. The importance of early detection and a multidisciplinary approach for improving patient outcomes is emphasized.*

**Введение.** Хронический посттравматический остеомиелит — это длительно протекающее инфекционно-воспалительное поражение костной ткани,

развивающееся как осложнение открытых переломов и хирургических вмешательств. В патологический процесс вовлекаются костный мозг, кортикальный слой и



IF = 9.2

надкостница, что приводит к формированию хронического инфекционного очага и разрушению кости (Lew D.P., Waldvogel F.A., 2004; Masters E.A. et al., 2019).

Эпидемиологически хронический остеомиелит остаётся распространённой формой костной инфекции во всём мире. По данным международных исследований, ежегодная заболеваемость остеомиелитом составляет около 2–5 случаев на 10 000 населения, при этом значительная доля приходится на посттравматические формы (Kremers H.M. et al., 2015). После открытых переломов остеомиелит развивается в 10–30% случаев, особенно при тяжёлых повреждениях мягких тканей и задержке хирургической обработки (Metsemakers W.J. et al., 2018). Несмотря на развитие современной травматологии, частота хронических форм остаётся высокой из-за роста травматизма и увеличения числа ортопедических вмешательств (Masters E.A. et al., 2019). В Республике Узбекистан официальные эпидемиологические данные ограничены, поскольку хронический остеомиелит не выделяется в отдельные статистические категории.

Несмотря на развитие хирургических методов и антибактериальной терапии, заболевание нередко диагностируется на поздних стадиях. Это связано с малосимптомным началом и недостаточным наблюдением пациентов после травм и операций (Masters E.A. et al., 2019). Поздняя диагностика способствует

формированию секвестров, свищей и хронизации воспалительного процесса.

**Целью данной обзорной статьи** является анализ современных подходов к ранней диагностике хронического посттравматического остеомиелита.

### **Патогенез хронического посттравматического остеомиелита**

Хронический посттравматический остеомиелит формируется в результате персистенции инфекционного агента в костной ткани после открытых переломов или хирургических вмешательств. В основе патогенеза лежит сочетание микробной колонизации, нарушения кровоснабжения и иммунных реакций, приводящих к хронизации воспалительного процесса (Lew D.P., Waldvogel F.A., 2004; Metsemakers W.J. et al., 2018).

Первичным этапом развития заболевания является контаминация раны микроорганизмами, чаще всего *Staphylococcus aureus*. При недостаточной хирургической обработке или выраженном повреждении мягких тканей бактерии проникают в костномозговое пространство и закрепляются в зонах ишемии, где снижена активность иммунных механизмов (Masters E.A. et al., 2019). Нарушение микроциркуляции в зоне травмы создаёт благоприятные условия для персистенции инфекции и формирования некротических участков кости.



IF = 9.2

Ключевую роль в хронизации процесса играет образование бактериальных биоплёнок. Микроорганизмы в составе биоплёнки обладают повышенной устойчивостью к антибиотикам и иммунным факторам, что затрудняет элиминацию инфекции и способствует длительному течению заболевания (Zimmerli W., Sendi P., 2017). Особенно значимо формирование биоплёнок при наличии металлоконструкций, используемых для остеосинтеза, поскольку импланты служат субстратом для адгезии бактерий.

По мере прогрессирования воспаления формируются секвестры — участки некротизированной кости, лишённые кровоснабжения. Они становятся резервуаром инфекции и поддерживают хроническое течение заболевания. Одновременно развивается периостальная реакция и образование грануляционной ткани, формируются свищевые ходы, что характерно для поздних стадий остеомиелита (Metsemakers W.J. et al., 2018).

Иммунологические механизмы также играют важную роль в патогенезе. Хроническое воспаление сопровождается активацией провоспалительных цитокинов, включая TNF- $\alpha$  и IL-6, что поддерживает тканевое повреждение и препятствует репарации кости (Masters E.A. et al., 2019). В результате формируется замкнутый круг: инфекция → ишемия → некроз → персистенция воспаления.

Таким образом, хронический посттравматический остеомиелит

представляет собой многофакторный патологический процесс, в котором ключевыми звеньями являются бактериальная персистенция, нарушение васкуляризации и формирование некротических очагов. Понимание патогенетических механизмов имеет важное значение для разработки методов ранней диагностики и профилактики хронизации заболевания.

### **Факторы риска хронизации посттравматического остеомиелита**

Тяжесть травмы и открытые переломы.

Тяжесть первичного травматического повреждения является одним из ключевых факторов, определяющих риск хронизации посттравматического остеомиелита. Высокоэнергетические травмы, сопровождающиеся открытыми переломами, приводят к значительному повреждению мягких тканей, сосудов и надкостницы, что существенно нарушает локальное кровоснабжение и снижает барьерную функцию тканей. Открытые переломы характеризуются высокой степенью микробной контаминации, поскольку раневая поверхность контактирует с окружающей средой. В условиях массивного повреждения тканей и недостаточной первичной хирургической обработки микроорганизмы могут проникать в костномозговое пространство и закрепляться в зонах ишемии, где эффективность иммунных механизмов значительно снижена.



Эти условия создают предпосылки для персистенции инфекции и формирования хронического воспалительного процесса (Lew D.P., Waldvogel F.A., 2004; Metsemakers W.J. et al., 2018).

#### *Импланты и инородные материалы.*

Использование металлических конструкций для фиксации переломов (пластины, винты, интрамедуллярные штифты) играет важную роль в патогенезе хронической инфекции костной ткани. Поверхность имплантов может служить субстратом для адгезии микроорганизмов и последующего формирования бактериальных биоплёнок. В составе биоплёнки бактерии обладают значительно повышенной устойчивостью к антибактериальной терапии и иммунным механизмам организма, что затрудняет элиминацию инфекционного агента. Кроме того, биоплёнки способствуют длительной персистенции микроорганизмов и поддержанию хронического воспалительного процесса. Наличие инородных материалов также может вызывать локальные воспалительные реакции и нарушать процессы репарации костной ткани (Zimmerli W., Sendi P., 2017; Metsemakers W.J. et al., 2018).

#### *Нарушение кровоснабжения.*

Адекватная васкуляризация является важнейшим фактором, обеспечивающим защиту костной ткани от инфекционного процесса и поддержание процессов регенерации. При травматических повреждениях часто происходит нарушение

микроциркуляции вследствие повреждения сосудов, компрессии тканей, формирования гематом и выраженного воспалительного отёка. В условиях ишемии уменьшается доставка кислорода, иммунокомпетентных клеток и антибактериальных препаратов к очагу инфекции. Это способствует выживанию и размножению микроорганизмов в костной ткани. Длительное нарушение кровоснабжения также приводит к формированию некротических участков кости (секвестров), которые служат резервуаром инфекции и поддерживают хроническое течение заболевания (Masters E.A. et al., 2019).

#### *Сопутствующие заболевания.*

Наличие сопутствующих соматических заболеваний значительно увеличивает риск хронизации посттравматического остеомиелита. Особое значение имеют состояния, сопровождающиеся нарушением иммунного ответа и микроциркуляции, такие как сахарный диабет, хронические сосудистые заболевания, иммунодефицитные состояния и длительная терапия глюкокортикоидами или иммуносупрессивными препаратами. У таких пациентов снижается эффективность иммунной защиты и замедляются процессы репарации костной ткани, что способствует персистенции инфекционного агента и длительному течению воспалительного процесса (Metsemakers W.J. et al., 2018; Masters E.A. et al., 2019).



IF = 9.2

Таким образом, хронизация посттравматического остеомиелита обусловлена комплексным воздействием факторов, включающих тяжесть травматического повреждения, наличие имплантов и инородных материалов, нарушение кровоснабжения и сопутствующие заболевания. Совокупность этих факторов создаёт благоприятные условия для персистенции микроорганизмов в костной ткани и поддержания хронического воспалительного процесса, что существенно осложняет лечение и ухудшает прогноз заболевания

#### **Клинические проявления на ранних стадиях посттравматического остеомиелита**

На ранних этапах развития посттравматического остеомиелита клиническая картина часто характеризуется малосимптомным или стёртым течением. В первые недели после травмы или хирургического вмешательства признаки инфекции могут быть слабо выражены и нередко маскируются проявлениями нормального послеоперационного воспаления. У пациентов могут отмечаться умеренная боль в области перелома, незначительный отёк мягких тканей и дискомфорт при движении. В ряде случаев общие симптомы интоксикации отсутствуют или выражены минимально. Такая неспецифичность клинических проявлений затрудняет своевременное распознавание инфекционного процесса и способствует его прогрессированию

(Metsemakers W.J. et al., 2018; Lew D.P., Waldvogel F.A., 2004).

По мере развития инфекционного процесса постепенно формируются локальные и системные признаки воспаления. К локальным проявлениям относятся усиление болевого синдрома в зоне травмы, гиперемия и отёк мягких тканей, повышение местной температуры, а также замедленное заживление раны или послеоперационного шва. В некоторых случаях наблюдается серозное или гнойное отделяемое из раны. К системным проявлениям могут относиться субфебрильная температура тела, слабость, утомляемость и умеренные признаки воспалительной реакции в лабораторных показателях, включая повышение уровня С-реактивного белка и скорости оседания эритроцитов. Однако на ранних стадиях эти изменения часто выражены умеренно и не всегда позволяют однозначно заподозрить развитие остеомиелита (Masters E.A. et al., 20).

Ранняя диагностика посттравматического остеомиелита представляет значительную клиническую проблему. Это связано с тем, что начальные симптомы заболевания неспецифичны и могут имитировать обычные процессы репарации тканей после травмы или хирургического вмешательства. Кроме того, традиционные методы лучевой диагностики, такие как рентгенография, на ранних стадиях заболевания часто не выявляют характерных изменений костной ткани. Радиологические признаки



IF = 9.2

остеомиелита, включая остеолит и формирование секвестров, обычно появляются спустя несколько недель после начала инфекционного процесса. В связи с этим для раннего выявления заболевания важную роль играют комплексная клиническая оценка, лабораторные маркеры воспаления и применение более чувствительных методов визуализации, таких как магнитно-резонансная томография (Metsemakers W.J. et al., 2018; Masters E.A. et al., 2019).

Таким образом, ранние клинические проявления посттравматического остеомиелита нередко характеризуются малосимптомным течением и неспецифичностью признаков, что существенно затрудняет своевременную диагностику заболевания. Это подчёркивает необходимость внимательного клинического наблюдения пациентов с травмами костей и использования современных диагностических методов для раннего выявления инфекционного процесса.

#### **Современные методы диагностики посттравматического остеомиелита**

Лабораторные маркеры воспаления (CRP, прокальцитонин). Лабораторные показатели играют важную роль в ранней диагностике инфекционного процесса и оценке активности воспаления. Наиболее информативным маркером является С-реактивный белок (CRP), уровень которого повышается при бактериальной инфекции и может использоваться для мониторинга

течения заболевания и эффективности терапии. Прокальцитонин также рассматривается как дополнительный биомаркер бактериального воспаления, особенно при системной инфекции. Однако его диагностическая ценность при локализованных инфекциях костной ткани ограничена, поэтому лабораторные показатели необходимо оценивать в сочетании с клиническими и инструментальными данными (Metsemakers W.J. et al., 2018; Masters E.A. et al., 2019).

Рентгенография, компьютерная и магнитно-резонансная томография. Методы лучевой диагностики являются основой выявления структурных изменений костной ткани. Рентгенография остаётся наиболее доступным методом, однако на ранних стадиях заболевания она может не выявлять патологических изменений. Более чувствительными методами считаются компьютерная томография (КТ) и магнитно-резонансная томография (МРТ). КТ позволяет более точно визуализировать деструкцию костной ткани и секвестры, тогда как МРТ является наиболее информативным методом для раннего выявления воспалительных изменений костного мозга и мягких тканей (Lew D.P., Waldvogel F.A., 2004).

Радионуклидная диагностика применяется в случаях, когда данные традиционных методов визуализации недостаточно информативны. Сцинтиграфия костей с использованием радиофармпрепаратов позволяет



выявлять участки повышенного метаболизма костной ткани, характерные для воспалительного процесса. Эти методы отличаются высокой чувствительностью и могут способствовать раннему выявлению остеомиелита (Metsemakers W.J. et al., 2018).

Микробиологическое исследование является ключевым этапом подтверждения диагноза и выбора рациональной антибактериальной терапии. Наиболее информативным считается бактериологическое исследование образцов костной ткани или содержимого раны, полученных во время хирургической обработки. Идентификация возбудителя и определение его чувствительности к антибиотикам позволяют проводить целенаправленное лечение инфекции (Zimmerli W., Sendi P., 2017).

### **Роль мультидисциплинарного подхода в диагностике посттравматического остеомиелита**

Взаимодействие травматолога и инфекциониста. Эффективная диагностика и лечение посттравматического остеомиелита требуют тесного взаимодействия специалистов различных профилей. Ключевую роль играет сотрудничество травматолога-ортопеда и врача-инфекциониста. Травматолог оценивает состояние костной ткани, стабильность фиксации перелома и необходимость хирургического вмешательства, тогда как инфекционист участвует в выборе рациональной антибактериальной терапии с учётом предполагаемого

или выявленного возбудителя. Такой комплексный подход позволяет более точно определить тактику лечения и снизить риск хронизации инфекционного процесса (Metsemakers W.J. et al., 2018).

Ранняя консультация специалистов. Своевременное привлечение специалистов различных направлений является важным условием успешной диагностики и лечения заболевания. На ранних этапах подозрения на инфекционный процесс рекомендуется проведение консультаций не только травматолога и инфекциониста, но и радиолога, микробиолога и при необходимости хирурга. Ранняя междисциплинарная оценка состояния пациента способствует более точной интерпретации клинических, лабораторных и инструментальных данных и позволяет своевременно начать адекватную терапию.

Алгоритмы диагностики. В современных клинических рекомендациях всё большее значение придаётся применению стандартизированных диагностических алгоритмов. Использование последовательных этапов обследования — клинической оценки, лабораторных маркеров воспаления, методов визуализации и микробиологического исследования — позволяет систематизировать процесс диагностики и повысить её точность. Алгоритмизированный подход способствует раннему выявлению инфекции костной ткани, оптимизации лечебной тактики и



IF = 9.2

улучшению клинических результатов лечения пациентов с посттравматическим остеомиелитом (Metsemakers W.J. et al., 2018; Zimmerli W., Sendi P., 2017).

### **Заключение**

Ранняя диагностика посттравматического остеомиелита имеет ключевое значение для предупреждения хронизации инфекционного процесса и развития тяжёлых осложнений. Своевременное выявление первых клинических признаков заболевания, а также использование современных лабораторных и инструментальных методов диагностики позволяют значительно повысить эффективность лечения и улучшить прогноз для пациентов. Особую роль играет комплексная оценка клинических, микробиологических и радиологических данных, что способствует более точному подтверждению диагноза на ранних стадиях заболевания.

Перспективы развития диагностики посттравматического остеомиелита связаны с внедрением более чувствительных методов

визуализации, совершенствованием молекулярно-биологических методов идентификации возбудителей, а также использованием новых биомаркеров воспаления. Развитие этих технологий позволяет повышать точность диагностики, ускорять выявление инфекционного агента и проводить более целенаправленную антибактериальную терапию.

Важным направлением современной медицины является также снижение риска инвалидизации пациентов, перенёвших травматические повреждения костей. Ранняя диагностика, своевременное начало лечения и применение мультидисциплинарного подхода позволяют предотвратить прогрессирование инфекции, уменьшить частоту хронических форм заболевания и сохранить функциональную активность поражённой конечности. Таким образом, совершенствование методов диагностики и лечения посттравматического остеомиелита является важной задачей современной клинической практики.

### **References:**

1. Lew D.P., Waldvogel F.A. Osteomyelitis. *Lancet*. 2004;364(9431):369–379.
2. Kremers H.M., Nwojo M.E., Ransom J.E. et al. Trends in the epidemiology of osteomyelitis. *J Bone Joint Surg Am*. 2015;97(10):837–845.
3. Metsemakers W.J., Kuehl R., Moriarty T.F. et al. Infection after fracture fixation: Current concepts and treatment strategies. *Lancet Infect Dis*. 2018;18(2):e77–e90.
4. Masters E.A., Trombetta R.P., de Mesy Bentley K.L. et al. Evolving concepts in bone infection. *Nat Rev Microbiol*. 2019;17(7):385–398.
5. Zimmerli W., Sendi P. Orthopaedic biofilm infections. *APMIS*. 2017;125(4):353–364.
6. Calhoun J.H., Manring M.M. Adult osteomyelitis. *Infect Dis Clin North Am*. 2005;19(4):765–786.



7. Maffulli N., Papalia R., Zampogna B. et al. The management of osteomyelitis in the adult. *Surgeon*. 2016;14(6):345–360.
8. Govaert G.A.M., Kuehl R., Atkins B.L. et al. Diagnosing fracture-related infection. *Injury*. 2020;51(Suppl 2):S1–S8.
9. Trampuz A., Zimmerli W. Diagnosis and treatment of infections associated with fracture-fixation devices. *Injury*. 2006;37(Suppl 2):S59–S66.
10. Lewallen D.G., Berry D.J. Periprosthetic infection: current concepts. *J Bone Joint Surg Am*. 1998;80(6):912–922.
11. Ferguson J.Y., Dudareva M., Riley N.D. et al. The use of a multidisciplinary team in the management of osteomyelitis. *Bone Joint J*. 2014;96-B(9):1161–1166.
12. Dudareva M., Ferguson J., Riley N. et al. Osteomyelitis of the long bones: a review. *Bone Joint J*. 2016;98-B(9):1289–1296.
13. Spellberg B., Lipsky B.A. Systemic antibiotic therapy for chronic osteomyelitis. *Clin Infect Dis*. 2012;54(3):393–407.