

**TƏBİƏT ELMLƏRİ**  
**NATURAL SCIENCES**

<https://doi.org/10.36719/2789-6919/40/91-94>

**Ульфет Микаилов**  
Азербайджанский Медицинский Университет  
доктор философии по медицине  
ulfetmikayilov55@gmail.com  
<https://orcid.org/0009-0006-0234-2495>

**Частота и тяжесть гипокальциемии у пациентов с травмами,  
получающих массивное переливание крови**

**Резюме**

В статье представлены краткие сведения по изучению частоты и степени тяжести гипокальциемии у пациентов с травмами, получающих массивное переливание крови, а также представлены достижения и опыт изучения данной проблемы за последние годы. Кальций является ключевым компонентом реанимации при травмах и проблемах коагуляции. По мере развития лечения тяжелобольных пациентов с полисистемной травмой основные принципы лечения тяжелого травматического кровотечения продолжают фокусироваться на контроле кровотечения при смягчении триады смерти: гипотермии, ацидоза и коагулопатии. Будучи неотъемлемо связанной с каждым компонентом летальной триады, гипокальциемия играет ключевую роль в результатах лечения пациентов с полисистемной травмой. У пациентов с травмами в критическом состоянии часто наблюдается гипокальциемия до реанимации, и это состояние ухудшается при переливании необходимых продуктов крови. Гипокальциемия у пациентов с травмами в критическом состоянии имеет четкую связь с повышенной смертностью. При лечении пациентов с кровотечением рекомендуется переливание продуктов крови с одновременным восполнением кальция.

**Ключевые слова:** гипокальциемия, травма, переливание крови, вмешательство, пациент, исход травмы

**Ülfət Mikayilov**  
Azərbaycan Tibb Universiteti  
tibb üzrə fəlsəfə doktoru  
ulfetmikayilov55@gmail.com  
<https://orcid.org/0009-0006-0234-2495>

**Massiv qan köçürülən zədəsi olan pasiyentlərdə hipokalsemiyanın  
tezliyi və ağırlığı**

**Xülasə**

Məqalədə böyük həcmdə qan köçürülməsi alan travma xəstələrində hipokalsemiyanın tezliyi və şiddətinin öyrənilməsi, eləcə də son illərdə bu problemin öyrənilməsinin nailiyyətləri və təcrübəsi haqqında qısa məlumat verilir. Kalsium travma və laxtalanma problemləri üçün reanimasiyanın əsas komponentidir. Multisistem travması olan kritik xəstələrin müalicəsi inkişaf etdikcə, ağır travmatik qanaxmanın müalicəsinin rəhbər prinsipləri ölüm triadasını yumşaltmaqla qanaxmaya nəzarət etməkdə davam edir: hipotermiya, asidoz və koaqluopatiya. Ölümcül triadanın hər bir komponenti ilə təbii olaraq əlaqəli olan hipokalsemiya multisistem travması olan xəstələrin nəticələrində əsas rol oynayır. Ağır xəsarət almış xəstələrdə reanimasiyadan əvvəl tez-tez hipokalsemiya olur və bu

vəziyyət əsas qan məhsullarının transfuziyası ilə pisləşir. Ağır zədələnmiş xəstələrdə hipokalsemiya ölüm hallarının artması ilə aydın əlaqəyə malikdir. Qanaxması olan xəstələri müalicə edərkən, kalsiumun eyni vaxtda dəyişdirilməsi ilə qan məhsullarının köçürülməsi tövsiyə olunur.

*Açar sözlər: hipokalsemiya, travma, qanköçürmə, müdaxilə, xəstə, zədə nəticəsi*

**Ulfet Mikayilov**

Azerbaijan Medical University, Department of Forensic Medicine

Doctor of Philosophy in Medicine

ulfetmikayilov55@gmail.com

<https://orcid.org/0009-0006-0234-2495>

## **Frequency and Severity of Hypocalcemia in Trauma Patients Receiving Massive Blood Transfusion**

### **Abstract**

The article provides a brief overview of the incidence and severity of hypocalcemia in trauma patients receiving massive blood transfusion, and presents the achievements and experience of studying this problem in recent years. Calcium is a key component of trauma resuscitation and coagulation problems. As treatment of critically ill patients with multisystem trauma evolves, the basic principles of treating severe traumatic bleeding continue to focus on controlling bleeding while mitigating the triad of death: hypothermia, acidosis, and coagulopathy. Intrinsically linked to each component of the lethal triad, hypocalcemia plays a key role in the outcome of patients with multisystem trauma. Critically ill trauma patients are often hypocalcemic prior to resuscitation, and this condition is worsened by transfusion of essential blood products. Hypocalcemia in critically ill trauma patients is clearly associated with increased mortality. Transfusion of blood products with calcium replacement is recommended in the management of bleeding patients.

*Keywords: hypocalcemia, trauma, blood transfusion, intervention, patient, trauma outcome*

### **Введение**

Кальций играет важную роль в физиологических процессах, нарушение обмена кальция связано с осложнениями тяжелой травмы, включая гипотермию, коагулопатию и ацидоз (Allyson, 2024: 1551).

Недостаточный уровень кальция в сыворотке у пациентов с травмами связан с обострением геморрагического шока, вторичного по отношению к травматическому повреждению, и, следовательно, с более плохими результатами, чем у пациентов с адекватным уровнем кальция (Seyed, Ashkan, 2024: 3).

Геморрагический шок продолжает оставаться важной причиной смерти после травматического повреждения как в военных, так и в гражданских условиях. Кроме того, исследования показали, что у тяжело раненых пациентов с травмами часто наблюдаются нарушения обмена кальция, в частности гипокальциемия (Zhe, Du, 2023: 338).

Зависимые от кальция пути играют ключевую роль в вазомоторном тоне, функции тромбоцитов, внутреннем и внешнем путях коагуляции и, следовательно, играют решающую роль в геморрагическом шоке и реанимации (Piña Tornés, 2014: 721). Как травма, так и процедуры переливания крови приводят к ухудшению гипокальциемии (Jacob, 2023: 925). Роль гипокальциемии у пациентов с травмами стала новой областью исследований с целью оптимизации реанимации и понимания связи между нарушениями обмена кальция, риском смерти и необходимостью переливания крови (Chad, Hall, 2023: 220).

Повышенное внимание к измерению ионизированного кальция у пациентов с травмами показало сильную связь между гипокальциемией и отрицательными результатами (Norza-Céspedes, 2014: 157).

## Исследование

**Целью данного исследования** было описать частоту и тяжесть гипокальциемии у пациентов с травмами, получающих массивное переливание.

Триада коагулопатии, гипотермии и ацидоза может увековечить продолжающийся геморрагический шок у пациентов с травмами, что приводит к повышению смертности. Коагулопатия у обескровливающих пациентов является многофакторной, и профилактика вторичной коагулопатии во время массивного переливания имеет решающее значение. Во многих исследованиях оценивалось влияние целевых соотношений продуктов крови на смертность и коагулопатию, но частота и последствия нарушений электролитного баланса, в частности гипокальциемии, не были четко определены у пациентов, которым требуется массивное переливание продуктов крови (Selway, 2008: 442).

Кальций играет важную роль в коагуляции, адгезии тромбоцитов и сократимости миокардиальных и гладкомышечных клеток. Кроме того, кальций играет роль в стабилизации фибриногена и тромбоцитов в развивающемся тромбе. Кальций в сыворотке двухвалентный катион, который находится как внутриклеточно, так и внеклеточно, существует в различных формах, включая свободное, несвязанное и физиологически активное состояние, а также инертное состояние, в котором он связан с различными белками. Примерно 45% общего кальция биологически активны и существуют в ионизированном состоянии, в то время как 55% связаны с белками, такими как альбумин и цитрат. Изменения в уровнях этих белков в сыворотке могут привести к нарушениям в общих запасах организма и сыворотке (Glance, 2011: 794). Известно, что гипокальциемия часто встречается при массивном переливании продуктов крови. Эритроциты и свежезамороженная плазма содержат приблизительно 3 г цитратного антикоагулянта на единицу в качестве консерванта. Это взаимодействие обычно незначительно из-за быстрого выведения цитрата печенью. У здорового человека 3 г цитрата могут метаболизироваться за 5 минут, но у пациента с геморрагическим шоком сочетание быстро введенных продуктов крови и сниженного печеночного клиренса из-за гипоперфузии и гипотермии может ухудшить клиренс цитрата.

Тяжелая ионизированная гипокальциемия определяется как  $<0,9$  ммоль/л и связана с повышенной смертностью у тяжелобольных взрослых, тогда как уровни  $<0,8$  ммоль/л связаны с неблагоприятными сердечными эффектами. Поэтому пороговое значение ионизированного кальция ( $iCa$ )  $<0,9$  ммоль/л было предложено в качестве триггера для внутривенного введения кальция у тяжелобольных пациентов; однако имеются ограниченные данные относительно сроков и дозировки введения кальция, необходимого после введения продуктов крови. Многие страны включили мониторинг и замещение кальция в протокол массивного переливания крови (Marco, Vettorello, 2022: 63).

Гипокальциемия, вызванная травмой, является недооцененным осложнением тяжелой травмы, но хорошо известно, что она приводит к расстройству ряда физиологических регуляторных механизмов. Взаимодействие ацидоза, гипотермии и коагулопатии с гипокальциемией усиливает кровавый порочный цикл геморрагического шока, который был парадигмой реанимации после травм на протяжении более полувека. Однако современный скрининг и лечение посттравматической гипокальциемии отнесены к второстепенным аспектам реанимации после травм. Авторы пришли к выводу, что добавление кальция должно быть первичным вмешательством при угрожающих жизни травмах (Jacob, 2023: 925). Раннее распознавание и лечение кровотечения, реанимация с контролем повреждений и введение препаратов крови оптимизировали лечение тяжелой травмы (Jan, 2022: 23). Гипокальциемия оказывает прямое и косвенное воздействие на каждую часть летальной триады, поддерживая потенциальное положение кальция как четвертого компонента в этом предлагаемом летальном ромбе. Пациенты с травмами часто демонстрируют гипокальциемию в условиях сильного кровотечения, вторичного по отношению к травме, которое может быть усугублено необходимым переливанием и реанимацией. Критические последствия гипокальциемии у пациентов с травмами были неоднократно продемонстрированы с сопутствующей заболеваемостью и смертностью.

### Заклучение

Кальций является ключевым компонентом реанимации при травмах и проблемах коагуляции. По мере развития лечения тяжелобольных пациентов с полисистемной травмой основные принципы лечения тяжелого травматического кровотечения продолжают фокусироваться на контроле кровотечения при смягчении триады смерти: гипотермии, ацидоза и коагулопатии. В последние годы ввели четвертый компонент гипокальциемию в это взаимодействие критических факторов реанимации при травме. Будучи неотъемлемо связанной с каждым компонентом летальной триады, гипокальциемия играет ключевую роль в результатах лечения пациентов с полисистемной травмой. Данные, определяющие идентификацию гипокальциемии и алгоритмы лечения, остаются ограниченными.

У пациентов с травмами в критическом состоянии часто наблюдается гипокальциемия до реанимации, и это состояние ухудшается при переливании необходимых продуктов крови. Недостаточный уровень кальция способствует триаде смерти с ухудшением сердечного выброса, ацидозом и коагулопатией. Гипокальциемия у пациентов с травмами в критическом состоянии имеет четкую связь с повышенной смертностью. При лечении пациентов с кровотечением рекомендуется переливание продуктов крови с одновременным восполнением кальция.

### Литература

1. Allyson, M., Shyam Murali, Andrew J. et al. (2024). *Optimizing damage control resuscitation through early patient identification and real-time performance improvement*. Transfusion.
2. Seyed, A., Haghghi B, et al. (2024). Predictive value of serum albumin and calcium levels in burn patients with *Pseudomonas aeruginosa* infection: A comprehensive analysis of clinical outcomes. *International Wound Journal*.
3. Zhe, D., Tianbing W. (2023). *A bibliometric analysis of publications on trauma-related hemorrhagic shock from 2012 to 2022: Research landscape and future trends*. Medicine.
4. Piña Tornés, A., González Longoria L., González Pardo S. (2014). *Mortalidad por accidentes de tránsito en Bayamo*. Rev Peru Med Exp Salud Publica.
5. Jacob, B., Schriener, J. et al. (2023). *Impact of Transfused Citrate on Pathophysiology in Massive Transfusion*. Critical Care Explorations.
6. Chad, Hall, Cameron Colbert, et al. (2023). Hypocalcemia in Trauma is Determined by the Number of Units Transfused, Not Whole Blood Versus Component Therapy. *Journal of Surgical Research*.
7. Norza-Céspedes, E., Useche-Hernández S., et al. (2014). Componentes descriptivos y explicativos de la accidentalidad vial en Colombia: incidencia del factor humano. *Rev Criminalidad*.
8. Selway, J.S., Soderstrom, C.A., Kufera, J.A. (2008). Alcohol use and testing among older trauma victims in Maryland. *J. Trauma*.
9. Glance, L.G., Stone, P.W., Mukamel, D.B. (2011). Increases in mortality, length of stay, and cost associated with hospital-acquired infections in trauma patients. *Arch Surg*.
10. Marco, V., Michele, A., et al. (2022). Early Hypocalcemia in Severe Trauma: An Independent Risk Factor for Coagulopathy and Massive Transfusion. *Journal of Personalized Medicine*.
11. Jacob, B., Schriener, J. et al. (2023). *Impact of Transfused Citrate on Pathophysiology in Massive Transfusion*. Critical Care Explorations.
12. Ian, S., La Croix, Mitchell Cohen, et al. (2022). Markers of Red Blood Cell Transfusion in Trauma. *International Journal of Molecular Sciences*.

Поступило: 05.10.2024

Отправлено на рассмотрение: 14.10.2024

Утверждено: 18.12.2024

Опубликовано: 30.12.2024