

УДК 616-089.5:616-001.8

DOI <https://doi.org/10.32782/2411-9164.24.1-2>

ІНСТРУМЕНТАЛЬНИЙ МОНІТОРИНГ ГЕМОСТАЗУ В «ЗОЛОТУ ГОДИНУ»: ПЕРЕВАГИ ТРОМБОЕЛАСТОГРАФІЇ (ТЕГ) НАД РУТИННОЮ КОАГУЛОГРАМОЮ ПРИ КРИТИЧНИХ КРОВОТЕЧАХ

Кошарський Д. В.

Міжнародний університет. Одеса, Україна

УДК 616-089.5:616-001.8

DOI <https://doi.org/10.32782/2411-9164.24.1-2>

ІНСТРУМЕНТАЛЬНИЙ МОНІТОРИНГ ГЕМОСТАЗУ В «ЗОЛОТУ ГОДИНУ»: ПЕРЕВАГИ ТРОМБОЕЛАСТОГРАФІЇ (ТЕГ) НАД РУТИННОЮ КОАГУЛОГРАМОЮ ПРИ КРИТИЧНИХ КРОВОТЕЧАХ

Кошарський Д. В.

Вступ. Дана оглядова стаття присвячена аналізу сучасних методів оцінки системи згортання крові у пацієнтів із політравмою та масивними кровотечами. Розглядається концепція «золотої години», коли своєчасна діагностика травматичної коагулопатії (ТК) є вирішальною для виживання.

Мета. Визначити кореляцію рутинних лабораторних тестів та вузькоспеціалізованих методів дослідження системи гемостазу у пацієнтів з критичними кровотечами.

Матеріали і методи. Проведено порівняльний аналіз рутинних лабораторних тестів (коагулограми) та вузькоспеціалізованих методів, зокрема тромбоеластографії (ТЕГ).

Результати. Доведено, що ургентне застосування ТЕГ дозволяє якісніше та практичніше з точки зору надання допомоги, дозволяє оцінити стан гемостазу *in vivo*, ідентифікувати гіперфібриноліз та індивідуалізувати трансфузійну терапію.

Ключові слова: гемостаз, тромбоеластографія, ТЕГ, коагулограма, критична кровотеча, масивна трансфузія, «золота година», коагулопатія, моніторинг, політравма.

**INSTRUMENTAL HEMOSTASIS MONITORING IN THE «GOLDEN HOUR»:
ADVANTAGES OF THROMBOELASTOGRAPHY (TEG) OVER ROUTINE
COAGULATION TESTS IN CRITICAL HEMORRHAGE****Kosharskyi D. V.**

This review article is devoted to the analysis of modern methods for assessing the blood coagulation system in patients with polytrauma and massive hemorrhage. The concept of the «golden hour» is examined, when timely diagnosis of traumatic coagulopathy (TC) is critical for survival. A comparative analysis of routine laboratory tests (coagulation profile) and specialized methods, particularly thromboelastography (TEG), is presented. It is demonstrated that urgent application of TEG allows for more qualitative and practical assessment of hemostatic status in vivo, identifies hyperfibrinolysis, and enables individualized transfusion therapy.

Key words: hemostasis, thromboelastography, TEG, coagulation profile, critical hemorrhage, massive transfusion, «golden hour,» coagulopathy, monitoring, polytrauma.

Вступ. У пацієнтів з тяжкою політравмою масивна кровотеча залишається однією з основних причин ранньої смертності. Одним із ключових механізмів її розвитку є травматична коагулопатія, яка може формуватися вже в перші хвилини після ушкодження тканин. Згідно досліджень BOO3, ознаки коагулопатії при надходженні до стаціонару виявляються приблизно у 35-40% постраждалих [1]. Ефективність надання невідкладної допомоги в таких ситуаціях багато в чому визначається діями медичного персоналу під час так званої «золотої години» – періоду, коли своєчасна стабілізація життєво важливих функцій та зупинка кровотечі мають найвищі шанси на успіх.

Критичним етапом у цей період є не лише механічний гемостаз, під час проведення оперативного втручання, але й корекція системних порушень згортання крові на ранньому госпітальному етапі за допомогою інтенсивної терапії.

У ситуації масивної крововтрати швидкість отримання інформації про стан гемостазу має вирішальне значення. Саме тому в останні роки все більше уваги приділяється вузькоспеціалізованим методам дослідження системи згортання крові, зокрема тромбеластографії (TEG), які дозволяють оцінити процес формування та стабільності згустку в режимі реального часу та вчасно розпочати інтенсивне лікування.

Обговорення

Фізіологія гемостазу та травматична коагулопатія. Травматична коагулопатія, це каскадний процес, формується вже на ранніх етапах геморагічного шоку. Гіперперфузія, ацидоз та ендотеліальна дисфункція призводять до активації протеїну С та пригнічення генерації тромбіну, що порушує нормальне формування згустку. Згідно з дослідженнями, порушення механізмів зупинки кровотечі, зокрема генерації тромбіну, розпочинається в ранній фазі травми ще до початку інфузійної терапії [11]. Гіперперфузія та гіпотензія ініціюють системну активацію ендотелію та вивільнення тканинного фактора, що призводить до гострої коагулопатії травматичного шоку. Цей стан характеризується системною гіпокоагуляцією внаслідок гіперактивації протеїну С, що не є класичним синдромом

дисемінованого внутрішньосудинного згортання (ДВЗ), а виступає окремим патофізіологічним феноменом [2, 5]. Значну роль у розвитку посттравматичної коагулопатії відіграє тромбоцитарна ланка. Так, у дослідженні що у пацієнтів із політравмою спостерігається значна активація тромбоцитів зі зниженням рівня дискоцитів, що свідчить про системний мікротромботичний процес, який виснажує резерви первинного гемостазу [3]. Додатковими факторами, що погіршують ситуацію, є класична «летальна тріада»: гіпотермія, ацидоз та коагулопатія. Однак Ditzel RM Jr та співавтори, запропонували розширену концепцію «летального діаманту», включивши до неї гіпокальціємію [6]. Кальцій є кофактором для більшості ферментів коагуляційного каскаду (IV фактор згортання), і його дефіцит, індукований масивною трансфузією цитратних компонентів крові та системною ішемією, катастрофічно порушує згортання.

Обмеження стандартної коагулограми при гострих кровотечах. Традиційні лабораторні тести (ПТ, АЧТЧ, МНВ, рівень фібриногену та кількість тромбоцитів) тривалий час вважалися “золотим стандартом” діагностики системи згортання крові. Проте Harrigan C та співавтори, доводять їх значні обмеження у швидкому виявленні розладів під час гострих станів [12]. А саме, вони виділяють, що стандартна коагулограма виконується на центрифугованій плазмі (без клітинних елементів) і зупиняється на етапі утворення перших ниток фібрину, що не дає можливості оцінити міцність утвореного згустку та процес лізису. Також, варто врахувати, що тестування проводяться в лабораторії при стандартній температурі 37°C. У пацієнта з травмою, гіпотензією та гіпотермією (наприклад, температура тіла 35°C) коагуляція *in vivo* суттєво сповільнена, що не відображається в бланку рутинного аналізу [14]. І звичайно, час від забору крові до отримання результатів коагулограми часто перевищує 450Ц60 хвилин, що є неприйнятним для ургентної хірургії та реанімації в межах «золотої години».

Тромбоеластографія (ТЕГ): Принципи та механізм роботи. На відміну від статичних плазмових тестів, ТЕГ являє собою динамічний віскоеластичний метод оцінки гемостазу у цільній крові. Він дозволяє безперервно реєструвати весь процес формування тромбу від початку коагуляції до його фібринолізу. Що дає комплексну картину, де саме відбувається збій в системі згортання крові. Механізм роботи полягає в розміщенні зразка цільної крові у підігріту чашечку (в якій можна задати реальну температуру пацієнта), куди занурюється стрижень, з'єднаний із сенсором. Чашечка здійснює осциляторні рухи. У міру того, як кров згортається і утворюються нитки фібрину між стінками чашечки та стрижнем, опір зростає, що фіксується приладом і виводиться на екран у вигляді характерної кривої. Власне сповільнення та відновлення рухів, показує, який з етапів гемостазу потребує корекції.

Клінічне застосування ТЕГ при травмі та масивній трансфузії. Дослідження Martini та співавтори (2008) підтвердили, що ТЕГ є значно чутливішим інструментом для оцінки гемостазу після гіпотермії та геморагічного шоку, дозволяючи виявляти мінімальні зміни згортальної функції для ранньої корекції [14]. Brohi та співавтори, також показали, що 24,4% пацієнтів мали коагулопатію ще на етапі госпіталізації, і саме ці пацієнти мали смертність 46% порівняно з 10,9% у пацієнтів без коагулопатії [5]. Стандартні тести часто пропускають цю ранню стадію.

Тому, впровадження TEG-моніторингу докорінно змінило підхід до лікування критичних станів, змістивши фокус із «сліпої» трансфузії еритроцитарної маси та свіжозамороженої плазми у співвідношенні 1:1 на цілеспрямовану терапію (Goal-Directed Therapy).

Алгоритм прийняття рішень у «золоту годину»:

1. Аналіз часу реакції (R-time): Якщо час утворення перших ниток фібрину подовжений, пацієнту показано введення свіжозамороженої плазми (СЗП) або концентратів протромбінового комплексу, а не просто збільшення об'єму інфузії кристалоїдами, що лише призведе до гемодилуції про що застерігають Guay та співавтори [10]

2. Оцінка кута α та часу К: Зниження цих показників свідчить про дефіцит фібриногену. Рішення: введення криопреципітату або концентрату фібриногену.

3. Оцінка максимальної амплітуди (МА): Знижена МА вказує на дефіцит або дисфункцію тромбоцитів. Рішення: трансфузія тромбоцитарної маси.

4. Оцінка лізису (LY30): Якщо показник лізису згустку перевищує 3-8%, це свідчить про гіперфібриноліз. Рішення: ургентне введення антифібринолітиків (транексамової кислоти).

Дослідження Sprahn та співавторів у 2019 підкреслюють на важливості саме раннього моніторингу коагуляційного профілю, орієнтованого на віскоеластичні тести, перед введенням великих обсягів рідин [7]. У дослідженні Holcomb та співавторів (2012) доведено, що протоколи масивної трансфузії, керовані даними TEG, достовірно знижують смертність, зменшують загальний обсяг компонентів крові та знижують частоту посттрансфузійного гострого пошкодження легень та нирок [16].

Важливо відзначити й використання гемостатичних препаратів, таких як рекомбінантний активований фактор VIIa (rFVIIa), застосування якого, за даними Rossaint та Чернія, (2006) має спиратися на точний інструментальний контроль для уникнення системних тромбозів [4].

Введення транексамової кислоти, яке, за даними Petros (2019) та багатьох інших дослідників, є основою корекції ранньої коагулопатії, має найвищу ефективність лише у перші 3 години після травми [8]. Тільки віскоеластичні тести можуть швидко верифікувати гіперфібринолітичний фенотип та підтвердити адекватність дози антифібринолітика.

Окремо слід виділити педіатричну практику. Так, Burggraf M (2020) продемонстрували, що діти з тяжкими травмами виснажують свої компенсаторні гемостатичні резерви значно швидше за дорослих, тому для них цілеспрямована трансфузія на основі TEG є ще більш критичною для запобігання надмірній гемодилуції [13].

Свіжі метааналізи, такі як Кокранівський огляд Hunt та співавторів (2015) та дослідження Bouzat P. (2021), однозначно підтверджують високу діагностичну цінність TEG/ROTEM в умовах травматичного шоку, вказуючи, що ці методи дозволяють скоротити летальність за рахунок швидкого реагування на динаміку коагуляційного каскад [17, 18].

Обмеження використання TEG. Незважаючи на очевидні переваги, широке впровадження TEG має певні перешкоди. По-перше, обладнання та реагенти є фінансово затратними для багатьох клінік. По-друге, метод вимагає специфічного навчання персоналу: анестезіологи, хірурги та лікарі-лаборанти повинні вміти

швидко і правильно інтерпретувати отримані криві в умовах сильного стресу. Крім того, класична TEG є нечутливою до дії деяких специфічних антиагрегантів (наприклад, аспірину чи клопідогрелю) без використання додаткових модифікацій тесту (TEG Platelet Mapping), а також не виявляє порушення з боку фактора Віллебранда.

Незважаючи на це, мультидисциплінарний підхід, що включає хірургічну, фармакологічну та анестезіологічну підтримку з обов'язковим моніторингом рівня кальцію є безальтернативним для досягнення успіху.

Висновки. Таким чином, віскоеластичні методи моніторингу гемостазу можуть значно підвищити ефективність ранньої діагностики коагулопатії при політравмі. Їх використання дозволяє швидше визначити механізм порушення згортання та обґрунтовано обрати трансфузійну тактику. У «золоту годину» після політравми тромбоеластографія (TEG) є інструментом вибору. Її переваги полягають у здатності оцінювати гемостаз у цільній крові в режимі реального часу, враховувати вплив гіпотермії, точно ідентифікувати гіперфібриноліз та визначати якість тромбоцитарної ланки.

Застосування TEG дозволяє відійти від емпіричних протоколів масивної трансфузії та перейти до персоналізованої, цілеспрямованої корекції коагулопатій. Це мінімізує ятрогенні ускладнення від переливання невиправданих об'ємів крові, допомагає розірвати порочне коло «летального діаманту» (поєднуючи моніторинг коагуляції з корекцією гіпокальціємії) та достовірно знижує летальність пацієнтів у критичних станах.

ЛІТЕРАТУРА

1. World Health Organization (WHO). (2010). Guidelines for trauma quality improvement programmes.
2. Gando, S. (2015). Hemostasis and thrombosis in trauma patients. *Semin Thromb Hemost.* 41(1), 26–34. doi: 10.1055/s-0034-1398378. Epub 2015 Jan 20. PMID: 25602698.
3. Vyshynska, M. (2023). Features of coagulation hemostasis in patients with polytrauma. *EMERGENCY MEDICINE*, 19(1), 38–41. <https://doi.org/10.22141/2224-0586.19.1.2023.1553>
4. Rossaint, R, Cerny, V, Coats, T. J., et al. (2006). Key issues in advanced bleeding care in trauma. *Shock.* 26(4), 322–331. doi: 10.1097/01.shk.0000225403.15722.e9.
5. Brohi, K., Singh, J., Heron, M., Coats, T. (2003). Acute traumatic coagulopathy. *J Trauma.* 54(6), 1127–1130. doi: 10.1097/01.TA.0000069184.82147.06.
6. Ditzel, R. M. Jr., Anderson, J. L., Eisenhart, W. J., et al. (2020). A review of transfusion- and trauma-induced hypocalcemia: Is it time to change the lethal triad to the lethal diamond? *J Trauma Acute Care Surg.* 88(3), 434–439. doi: 10.1097/TA.0000000000002570.
7. Spahn, D. R., Bouillon, B., Cerny, V., et al. (2019). The European guideline on management of major bleeding and coagulopathy following trauma: fifth edition. *Crit Care.* 23(1), 98. doi: 10.1186/s13054-019-2347-3.
8. Petros, S. (2019). Trauma-induced coagulopathy. *Hamostaseologie.* 39(1), 20–27. doi:10.1055/s-0039-1677853.
9. Ledgerwood, A. M., Lucas, C. E. (2003). A review of studies on the effects of hemorrhagic shock and resuscitation on the coagulation profile. *J Trauma.* 54(5 Suppl), S. 68–74. doi: 10.1097/01.TA.0000064513.59253.70.
10. Guay, J., Ozier, Y., de Moerloose, P., Samana, C. M., Bêlisle, S., Hardy, J. F. (1998). Le polytraumatisé et les anomalies de l'hémostase [Polytrauma and hemostatic anomalies]. *Can J Anaesth.* 45(7), 683–91. French. doi: 10.1007/BF03012101. PMID: 9717603.

11. White, N. J., Martin, E. J., Brophy, D. F., Ward, K. R. (2010). Coagulopathy and traumatic shock: characterizing hemostatic function during the critical period prior to fluid resuscitation. *Resuscitation*. 81(1), 111–6. doi: 10.1016/j.resuscitation.2009.09.017. Epub 2009 Oct 24. PMID: 19854556; PMCID: PMC2815070.
12. Harrigan, C, Lucas, C. E., Ledgerwood, A. M. (1989). The effect of hemorrhagic shock on the clotting cascade in injured patients. *J Trauma*. 29(10):1416-21; discussion 1421-2. doi: 10.1097/00005373-198910000-00020. PMID: 2810419.
13. Burggraf, M., Polan, C., Husen, M., Mester, B., Wegner, A., Spodeck, D., Dudda, M., Kauther, M. D. (2020). Trauma induced clotting factor depletion in severely injured children: a single center observational study. *World J Emerg Surg*. 15(1), 31. doi: 10.1186/s13017-020-00311-6.
14. Martini, W. Z., Cortez, D. S., Dubick, M. A., Park, M. S., Holcomb, J. B. (2008). Thrombelastography is better than PT, aPTT, and activated clotting time in detecting clinically relevant clotting abnormalities after hypothermia, hemorrhagic shock and resuscitation in pigs. *J Trauma*. 65(3), 535–543. doi: 10.1097/TA.0b013e31818379a6.
15. Holcomb, J. B., del Junco, D. J., Fox, E. E., et al. (2012). Damage control resuscitation: directly addressing the early coagulopathy of trauma. *Journal of Trauma and Acute Care Surgery*, 73(6).
16. Hunt, H., Stanworth, S., Curry, N., et al. (2015). Thromboelastography (TEG) and rotational thromboelastometry (ROTEM) for trauma-induced coagulopathy in adult trauma patients with bleeding. *Cochrane Database of Systematic Reviews*.
17. Bouzat, P., Guerin, R., Boussat, B., et al. (2021). Diagnostic performance of thromboelastometry in trauma-induced coagulopathy: a comparison between two level I trauma centres using two different devices. *European Journal of Trauma and Emergency Surgery*, 47, 343–351.

Дата першого надходження статті до видання: 08.01.2026

Дата прийняття статті до друку після рецензування: 23.01.2026

Дата публікації (оприлюднення) статті: 26.01.2026



Стаття поширюється на умовах ліцензії відкритого доступу (CC BY 4.0)