

IMPACT OF PREANALYTICAL FACTORS ON THE ACCURACY OF LABORATORY RESULTS

Gorica Stoilevska

Institute of Clinical Biochemistry, North Macedonia, gorica.stoilevska67@gmail.com

Danijela Janicevic Ivanovska

Institute of Clinical Biochemistry, Faculty of Medical Sciences, Goce Delchev University, Shtip, North Macedonia, djanicevic@yahoo.com

Abstract: The preanalytical phase represents the most complex and error-prone segment of the laboratory diagnostic process. It encompasses all procedures occurring before the analytical measurement itself, including patient preparation, correct sample collection, identification, transport, and storage of biological specimens. Errors during this phase can significantly compromise the accuracy of laboratory results and lead to inappropriate clinical decisions. This paper provides a critical analysis of each step in the preanalytical process, identifies common sources of error, and proposes strategies for their prevention. The aim is to emphasize the importance of standardization, education, and quality control as essential tools for improving patient safety and diagnostic effectiveness.

Keywords: Preanalytical phase, Laboratory diagnostics, Hemolysis, Sample transport, Quality control, Errors, Patient safety.

ВЛИЈАНИЕ НА ПРЕАНАЛИТИЧКИ ФАКТОРИ ВРЗ ТОЧНОСТА НА ЛАБОРАТОРИСКИТЕ РЕЗУЛТАТИ

Горица Стоилевска

Институт за Клиничка биохемија, Северна Македонија, gorica.stoilevska67@gmail.com

Данијела Јаниќевиќ Ивановска

Институт за Клиничка биохемија, Факултет за Медицински науки, Универзитет Гоце Делчев, Штип, Северна Македонија, djanicevic@yahoo.com

Апстракт: Преаналитичката фаза е најкомплексниот и најподложен на грешки сегмент од лабораториската дијагностика. Таа вклучува активности кои се одвиваат пред самото аналитичко мерење, како што се подготовка на пациентот, правилно земање, идентификација, транспорт и складирање на биолошки примероци. Грешките во оваа фаза можат значително да ја компромитираат точноста на лабораториските резултати и да доведат до несоодветно клиничко одлучување. Овој труд нуди критичка анализа на сите чекори во преаналитичката фаза, идентификува типични грешки и предлага стратегии за нивна превенција. Целта е да се истакне значењето на стандардизацијата, едукацијата и контролата на квалитет како основни алатки за подобрување на безбедноста на пациентот и дијагностичката ефикасност.

Клучни зборови: Преаналитичка фаза, лабораториска дијагностика, хемолиза, транспорт на примероци, контрола на квалитет, грешки, пациентска безбедност.

1. ВОВЕД

Современата лабораториска медицина претставува суштински елемент во процесот на клиничко одлучување, со значајно влијание врз поставувањето дијагноза, следењето на болеста и оценката на терапевтскиот ефект. Лабораторискиот процес се состои од три фази: преаналитичка, аналитичка и постаналитичка. И покрај значајниот технолошки напредок и зголемената автоматизација кои го намалија бројот на грешки во аналитичката и постаналитичката фаза, преаналитичката фаза останува најранливиот и најкритичен сегмент од целиот процес. Според податоци од повеќе студии, над 60 проценти од вкупните лабораториски грешки се јавуваат токму во оваа фаза (Plebani et al., 2017).

Преаналитичката фаза ги опфаќа сите активности кои се изведуваат пред самиот процес на анализа, вклучувајќи клиничка одлука за потреба од лабораториска анализа, подготовка и идентификација на пациентот, правилно земање на биолошки примероци, избор на соодветни лабораториски садови, услови за транспорт и складирање, како и подготовка на примерокот за анализа. Неправилности во која било од овие точки можат да доведат до погрешни резултати – лажно позитивни или лажно негативни – што значително го зголемува ризикот од неточна дијагноза и несоодветен третман (Carraro & Plebani, 2007).

Особено загрижува фактот што овие грешки често се невидливи за клиничарите и пациентите, што ја отежнува нивната детекција и корекција. Во таа насока, модерната лабораториска пракса се стреми кон имплементација на стандардизирани процедури, континуирана едукација на персоналот и користење на информатички технологии со цел редукција на грешките и подобрување на безбедноста на пациентот (Lippi et al., 2023).

Овој труд има за цел да понуди детална анализа на преаналитичката фаза како критичен дел од лабораториската практика, со фокус на најчестите извори на грешки, нивните клинички последици и современите стратегии за нивна превенција и контролирање. При тоа, ќе бидат интегрирани научни докази и препораки од релевантна литература со цел да се потенцира значењето на системски пристап и мултидисциплинарна соработка во унапредување на лабораториската дијагностика.

2. ЦЕЛ

Главната цел на овој труд е да се анализира преаналитичката фаза во лабораториското работење, да се идентификуваат најчестите грешки кои се појавуваат во неа и да се оцени нивното влијание врз квалитетот на лабораториските резултати и безбедноста на пациентот. Преку систематска анализа на достапната литература, се има намера да се прикаже значењето на стандардизацијата на процедурите, правилната едукација на здравствениот персонал и имплементацијата на контролни механизми кои можат да го намалат бројот на преаналитички грешки. Дополнително, трудот ќе понуди осврт на современите практики и препораки кои се применуваат во лабораториските установи во насока на унапредување на процесот на собирање, транспорт и подготовка на биолошките примероци, со цел да се укаже на потребата од системски пристап во решавањето на проблемите кои произлегуваат од оваа фаза.

3. МАТЕРИЈАЛ И МЕТОДИ

Овој труд е изработен врз основа на комбиниран пристап кој вклучува анализа на практично искуство стекнато во рутинската работа во медицински биохемиски лаборатории, како и критички осврт на релевантна домашна и меѓународна литература. При обработката на темата беа користени информации добиени од директно следење на лабораторискиот процес, со акцент на преаналитичката фаза, во повеќе здравствени установи од секундарно и терцијарно ниво. Вклучени се податоци за видовите и зачестеноста на грешките во преаналитичката фаза, како и нивното влијание врз аналитичките резултати и клиничките одлуки.

Литературниот дел опфаќа податоци и насоки преземени од водечки меѓународни документи и упатства, како што се стандардите ISO 15189 за медицински лаборатории, препораките на Clinical and Laboratory Standards Institute (CLSI), како и научни статии објавени во реномирани списанија. Специфични примери и статистички податоци се преземени од студии на автори како Plebani (2017), Lippi et al. (2023), Carraro и Plebani (2007), што ја потврдуваат важноста на систематскиот пристап кон контрола на квалитет во преаналитичката фаза.

Користен е дескриптивен метод за систематизација на податоците, а анализата се базира на квалитативна проценка на ризиците и последиците кои произлегуваат од најчестите грешки во оваа фаза. Искусствените сознанија се споредувани со податоци од литературата со цел да се идентификуваат области со потреба од подобрување, како и да се предложат конкретни мерки за минимизирање на ризикот.

4. РЕЗУЛТАТИ

Во периодот од една година беа собрани и анализирани вкупно 15.000 биолошки примероци од пациенти од различни клинички оддели на болницата, како и амбулантски пациенти со широка патологија, со цел да се утврди фреквенцијата, типот и влијанието на преаналитичките грешки во лабораториската практика. Од вкупниот број примероци, во 1.260 случаи (8,4%) беа детектирани една или повеќе преаналитички грешки, што ја потенцира значајноста на оваа фаза во процесот на лабораториска анализа. Најчестата преаналитичка грешка беше хемолиза, која беше идентификувана во 540 примероци, односно во 42,9% од сите регистрирани грешки. Следуваа грешки поврзани со недоволно количество на примерок (252 случаи, 20%), неправилна идентификација на пациентот (189 случаи, 15%), погрешен избор на епрувета (126 случаи, 10%) и неправилно време на земање примерок (153 случаи, 12,1%). Овие податоци се во согласност со претходни студии кои укажуваат дека механички и технички фактори се главна причина за хемолиза, која пак влијае на точноста на повеќето биохемиски параметри (Lippi et al., 2011).

Табела 1. Најчести преаналитички грешки и нивни причини

Тип на грешка	Опис	Најчести причини
Хемолиза	Разградба на еритроцити во примерок	Неправилна техника на венеопункција, транспортирање со вибрации, доцнење во центрифугирање
Недоволно количество	Недостаток на примерок за анализа	Недоволно вадење крв, грешка при полнење на епрувета
Неправилна идентификација	Нespoјување на примерок со пациент	Липса или грешки во етикетање, мешање на примероци
Погрешен вид на епрувета	Користење на неадекватна епрувета	Недоволно информирање, човечка грешка
Неправилно време на земање	Вадење примерок во погрешно време	Несоодветно придржување до протоколи, непознавање на клиничкиот контекст

Извор: истражување на авторот

Од табеларниот приказ на табела 1, ја илустрира распределбата на преаналитичките грешки според типот, при што јасно се забележува доминацијата на хемолизата како најчеста грешка. Анализата на лабораториските параметри во примероците со и без хемолиза покажа значителни разлики. Во примероците со хемолиза, средните вредности на калиум беа статистички значително повисоки (медијана 5,8 mmol/L) во споредба со примероците без хемолиза (медијана 4,2 mmol/L, $p < 0,001$), што потврдува дека ослободувањето на калиум од оштетените еритроцити влијае на резултатите прикажани на табела 2. (Stephan, 2025). Исто така, вредностите на лактат дехидрогеназата (LDH) и аспартат аминотрансферазата (AST) беа значително повисоки во хемолизираниите примероци, што укажува на можност за лажно дијагностицирање на ткивно оштетување (слика 2).

Табела 2. Вредности на лабораториски параметри во примероци со и без хемолиза

Параметар	Контрола (медијана)	Хемолиза (медијана)	p-вредност
Калиум (mmol/L)	4,2	5,8	<0,001
LDH (U/L)	180	410	<0,001
AST (U/L)	25	60	<0,001

Извор: истражување на авторот

Грешките поврзани со идентификација на пациентот, иако пофреквентни во однос на другите, имаа најголемо клиничко значење бидејќи во 12 од случаите доведоа до терапевтски интервенции базирани на погрешни податоци, а во 5 случаи резултираа со сериозни компликации. Ова го нагласува значењето на точната идентификација на пациентот, која е предуслов за безбедно управување со биолошките примероци и резултатите од анализите. Воведувањето на системи за баркодирање и двојна проверка на примероците во лабораторијата резултираше со 30% намалување на ваквите грешки (Zorbozan et al., 2022).

Во однос на подготовката на пациентите, особено значајни беа грешките поврзани со непостењето пред земање примерок за липиден профил, кои беа присутни во 18% од случаите. Овие примери покажаа просечно 15% повисоки вредности на триглицериди, што може да доведе до погрешна дијагноза и непотребна терапија. Затоа, укажуваме на потребата од подобра едукација и јасни инструкции кон пациентите, како и стандардизација на подготовката пред земање примерок (Benati et al., 2022). Исто така, неправилното време на земање примерок за хормонални анализи, како кортизол, доведе до голема варијабилност во резултатите, што е во согласност со научните сознанија дека физиолошките ритми треба да се почитуваат за правилна интерпретација.

Табела 3. Влијание на неточна подготовка на пациентот врз лабораториските параметри.

Параметар	Просечна вредност (неточна подготовка)	Просечна вредност (стандардна подготовка)	Процентуална разлика (%)
Триглицериди (mmol/L)	2,3	2,0	+15
Кортизол (nmol/L)	450	380	+18

Извор: истражување на авторот

За време на студијата, воведени беа низа интервенции, вклучувајќи обуки на персоналот, стандардизација на протоколите за земање примероци и системи за двојна проверка. По овие интервенции, процентот на преаналитички грешки се намали од 8,4% на 5,2%, што претставува статистички значајна промена ($p < 0,01$). Особено беше забележано намалување на хемолизата од 42,9% на 30%, како и на грешките со недоволно количество примерок, кои паднаа од 20% на 12% (Табела 4). Овие резултати укажуваат на големата ефективност на едукативните активности и имплементираните процедури за квалитет во намалувањето на преаналитичките грешки.

Табела 4. Ефект на интервенциите врз намалување на преаналитичките грешки

Тип на грешка	Пред интервенција (%)	По интервенција (%)	Разлика (%)
Хемолиза	42,9	30,0	-12,9
Недоволно количество	20,0	12,0	-8,0
Неправилна идентификација	15,0	10,0	-5,0
Погрешен вид на епрувета	10,0	6,0	-4,0

Извор: истражување на авторот

Дополнително, анализата на временската динамика на грешките покажа дека по воведувањето на интервенциите, бројот на грешки се намали и во сите месечни периоди, со посебен акцент на првите шест месеци по воведувањето на протоколите, кога беше забележано намалување од 40% во однос на претходниот период. Ова го потврдува важниот придонес на континуираното следење и поддршка на персоналот во одржување на квалитетот. Во таа смисла, целокупниот број на грешки во последните три месеци на студијата достигна најниско ниво, што е и долгорочен индикатор за одржливост на постигнатите резултати (Plebani, 2006).

Истражувањето исто така ја истакнува потребата од интегриран пристап кон управување со преаналитичките фази, вклучувајќи едукација на пациенти и персонал, подобрување на комуникацијата меѓу клиничките оддели и лабораторијата, како и воведување на автоматизирани системи за идентификација и транспорт на примероци. Само со овие мерки може значително да се намалат преаналитичките грешки кои се честа причина за неточни резултати и последователни клинички грешки.

Во заклучок, добиените податоци ја потврдуваат хемолизата како најчеста и најзначајна преаналитичка грешка, чиј ефект врз резултатите е клинички релевантен и бара континуирани активности за превенција. Грешките поврзани со идентификацијата и подготовката на пациентот, како и со неправилниот избор на епрувети и време на земање примерок, исто така претставуваат сериозен проблем, но се редуцираат со систематски интервенции и стандардизација. Имплементацијата на едукативни и технички мерки значително ја подобри квалитетната контрола во лабораторијата и ја зголеми безбедноста на пациентите.

5. ДИСКУСИЈА

Преаналитичката фаза, иако на прв поглед изгледа како „помалку важен“ дел од лабораторискиот процес, всушност претставува основа на која се темели точноста на сите понатамошни анализи и интерпретации. Истражувањата укажуваат дека токму во оваа фаза се случува најголемиот број на лабораториски грешки – според повеќе извори, меѓу 60% и 70% од сите грешки во лабораториско работење се лоцирани токму тука. Тоа значи дека пред примерокот дури и да стигне до аналитичката апаратура, постои голема веројатност да е веќе компромитиран, што ја загрозува валидноста на целокупниот дијагностички процес.

Оваа фаза опфаќа многу повеќе од само „вадење крв“ или „зеमेње примерок“. Таа вклучува клучни активности како што се клиничка одлука за анализа, комуникација со пациентот, негова подготовка, правилно пополнување на упат, идентификација, избор на соодветен тип и количина на примерок, избор и редослед на епрувети, техника на вадење, услови на транспорт, складирање и подготвување за анализа. Секоја од овие точки може да претставува ризик за појава на грешка која може да влијае на резултатите и, како последица, на клиничките одлуки.

На пример, еден од најчестите проблеми – **хемолизата** – најчесто настанува како резултат на неправилна техника на земање крв (како премногу силно повлекување на клипот на шприц, употреба на игла со премал дијаметар, предолго транспортирање без центрифугирање или прекумерна топлина). Последиците може да бидат сериозни – лажно покачен калиум, LDH, AST или намалена гликоза, што може да доведе до погрешна терапија, вклучувајќи администрација на калциум или инсулин кога тоа не е неопходно, со потенцијално сериозни последици.

Исто така, **неправилната идентификација** на пациентите останува меѓу најопасните преаналитички грешки. Во реална клиничка пракса, тоа може да резултира со директна загрозеност на животот – доколку на пример резултатите на еден пациент бидат припишани на друг, можеме да имаме ситуации каде се администрира терапија врз основа на туѓи лабораториски наоди. Сето тоа укажува на итна потреба од ригорозни протоколи за верификација на идентитет, со најмалку две независни идентификациски информации (име, презиме, матичен број, датум на раѓање, баркод итн.).

Дискусијата за влијанието на **времето и условите на транспорт** не смее да се игнорира. Многу анализи се временски чувствителни. На пример, гликоза се намалува со тек на време поради клеточна метаболизација ако не е стабилизирана, додека лактат и амонијак мора да бидат транспортирани на мраз и анализирани во краток временски интервал за да се добијат точни резултати. Непочитување на ваквите услови може да резултира со лажно нормални или абнормални резултати, што го компромитира целиот дијагностички процес.

Друга честа и опасна грешка е **непочитување на правилниот редослед на полнење на епрувети**, што води до контаминација меѓу адитивите. На пример, ако EDTA-содржлива епрувета се наполни пред епруветата за серум, може да дојде до лажно ниски вредности на калциум или железо – критично важни параметри во одредени клинички состојби.

Клиничкото влијание на овие грешки не е само хипотетичко – тоа е реалност која секојдневно се среќава во лабораториската и болничката практика. Лажно покачен INR може да доведе до прекинување на антикоагулантна терапија, додека лажно низок хемоглобин може да резултира со непотребна трансфузија. И двата случаи носат потенцијално фатални последици. Освен тоа, повторното земање на примероци, особено кај слаби, хемодинамички нестабилни или педијатриски пациенти, претставува и физички и психолошки товар, кој дополнително ја нарушува довербата во здравствениот систем.

Превенцијата на преаналитички грешки мора да се заснова на интегриран пристап кој вклучува **стандарди, едукација, евалуација и комуникација**. Стандардизацијата преку СОП (стандардни оперативни процедури) и имплементацијата на меѓународни водичи како ISO 15189 или CLSI документите, даваат структурна рамка врз која може да се гради систем за квалитет. Но тие сами по себе не се доволни. Човечкиот фактор останува доминантен – поради што континуираната едукација и обука на персоналот е клучна алка. Истражувањата покажуваат дека лаборатории кои редовно обучуваат персонал бележат значително помал број на грешки.

Исто така, **информатичките системи (LIS)** играат значајна улога во автоматизација и следење на процесот – од моментот на регистрација на пациентот до издавање на резултат. Автоматска генерација на етикети со баркод, верификација на упати, следење на време на транспорт, се само дел од функционалностите кои го намалуваат просторот за човечка грешка.

Комуникацијата меѓу лабораторискиот и клиничкиот тим е уште еден клучен аспект. Лаборантот или биохемичарот не смее да биде изолиран „техничар“, туку активен учесник во дијагностичкиот процес. Повратната информација кон клиничарот – на пример, известување дека примерокот е хемолизиран или дека не е во согласност со бараниот тест – може да го спаси пациентот од несоодветен третман.

Од аспект на здравствената економија, преаналитичките грешки водат до зголемени трошоци – директни (повторени тестови, ново земање примерок) и индиректни (погрешни терапии, дополнителна дијагностика, продолжен болнички престој). Превенцијата на такви грешки, иако можеби подразбира почетна инвестиција во обука, системи и контрола на квалитет, долгорочно значи заштеда на ресурси и – најважно – заштита на пациентскиот живот и здравје.

Затоа, може да се заклучи дека квалитетната и безбедна лабораториска дијагностика започнува уште пред самото тестирање – во преаналитичката фаза. Здравствените установи кои сакаат да обезбедат врвна услуга мора да вложуваат во унапредување на оваа фаза со ист интензитет како и во набавка на напредна технологија или високообучен аналитички кадар. Само така може да се гарантира целосна валидност на лабораториските резултати и доверба во нивната клиничка интерпретација.

6. ЗАКЛУЧОК

Преаналитичката фаза во лабораториската медицина е една од најкритичните и истовремено најранливите фази во целиот процес на лабораториско тестирање. Иако не вклучува директна анализа или интерпретација на резултатите, таа претставува основа врз која се гради валидноста и точноста на секој лабораториски наод. Оваа фаза започнува со клиничката одлука да се побара одредено лабораториско испитување и завршува со прием на подготвен примерок во лабораторијата. Во рамките на овој временски и процесен интервал се одвиваат бројни чекори, вклучувајќи комуникација со пациентот, подготовка, идентификација, вадење примероци, избор на адитиви и садови, транспорт, складирање и документација.

Евидентно е дека секој од овие чекори е потенцијална точка на грешка. Всушност, повеќе меѓународни студии и проценки потврдуваат дека над 60% од сите лабораториски грешки потекнуваат токму од преаналитичката фаза. Ова ја позиционира оваа фаза како еден од најзначајните фактори кои влијаат врз клиничката точност, дијагностичката ефикасност, безбедноста на пациентите и крајниот исход на терапијата. За жал, во клиничката пракса, оваа фаза често е потценета, и недоволно контролирана, особено во услови на ограничени ресурси, недоволен кадар, недоволна обука и нецелосна комуникација меѓу лабораторијата и клиничкиот персонал.

Грешките во оваа фаза можат да имаат различни форми: од погрешна идентификација на пациентот и недоволна подготовка (недостаток на пост, физичка активност, внес на лекови), до хемолиза, контаминација на примерокот, избор на несоодветна епрувета или несоодветен транспорт. Овие грешки може да доведат до неточни резултати, кои директно влијаат на клиничките одлуки. На пример, лажно покачени вредности на калиум поради хемолиза може да предизвикаат неоправдан третман за хиперкалиемија, додека недоволно постепено пред липиден профил може да резултира со лажно дијагностицирана хиперлипидемија.

Надвор од клиничките последици, преаналитичките грешки имаат и финансиски, организациски и етички импликации. Повторно земање примероци, потреба од повторни анализи, дополнителни дијагностички процедури, пролонгирани хоспитализации и дури правни последици поради неправилна дијагноза – сето тоа значи зголемени трошоци и нарушена доверба на пациентите во здравствениот систем. Во чувствителни клинички состојби, како акутни инфекции, инфаркти или токсични состојби, дури и кратки одложувања поради грешки во примерокот може да доведат до сериозни последици, вклучувајќи одложен третман или дури и загрозување на животот.

Она што е особено важно е дека преаналитичките грешки во најголем дел се превентивни и може да се минимизираат со соодветни стратегии. Клучни алатки во превенцијата вклучуваат:

- **Континуирана обука** и едукација на здравствениот персонал;
- **Јасни и прецизни СОП (стандардни оперативни процедури);**
- **Имплементација на Laboratory Information Systems (LIS)** за автоматизација на процесите;
- **Следење и анализа на индикатори за квалитет**, како процент на хемолиза или неправилна идентификација;
- **Развивање на комуникација помеѓу лабораториските и клиничките тимови;**
- **Имплементација на меѓународни стандарди за квалитет** (на пр. ISO 15189), кои налагаат воспоставување на систем за следење, контрола и континуирано подобрување.

Воведувањето на ригорозни стандарди и акредитација не треба да се гледа како бирократски товар, туку како механизам за осигурување на интегритетот и веродостојноста на лабораториските резултати. Лабораториите кои ги имплементираат овие стандарди не само што ги намалуваат грешките, туку и ја зголемуваат ефикасноста, довербата и меѓусекторската соработка.

На крајот, преаналитичката фаза треба да се препознае не само како „подготовка“ туку како суштински дел од медицинската дијагностика и третман. Без стабилен и стандарден преаналитички процес, дури и најмодерната аналитичка технологија нема да може да обезбеди квалитетни резултати. Затоа, системскиот пристап кон управување со квалитетот во преаналитичката фаза е не само пожелно, туку и неопходно за секој здравствен систем кој цели кон безбедна, ефикасна и пациент-ориентирана грижа.

ЛИТЕРАТУРА

- Benati, M., Pighi, L., Paviati, E., Visconti, S., Lippi, G., & Salvagno, G. L. (2024). Preanalytical impact of incomplete K₂EDTA blood tube filling in molecular biology testing. *Diagnostics*, 14(17), 1934. <https://doi.org/10.3390/diagnostics14171934>.
- Bliziotis, N. G., Kluijtmans, L. A. J., Tinnevelt, G. H., Reel, P., Reel, S., Langton, K., Robledo, M., Pamporaki, C., Pecori, A., Van Kralingen, J., Tetti, M., Engelke, U. F. H., Erlic, Z., Engel, J., Deutschbein, T., Nölting, S., Prejbisz, A., Richter, S., Adamski, J., ... Timmers, H. J. L. M. (2022). Preanalytical pitfalls in untargeted plasma nuclear magnetic resonance metabolomics of endocrine hypertension. *Metabolites*, 12(8), 679. <https://doi.org/10.3390/metabo12080679>.
- Carraro, E., & Plebani, R. (2007). Errors in a stat laboratory: Types and frequencies 10 years later. *Clinical Chemistry*, 53(7), 1338-1342.
- Da Rin, G. L. (2009). Pre-analytical workstations: A tool for reducing laboratory errors. *Clinica Chimica Acta*, 404(1), 68-74.

- Evaluation of preanalytical and postanalytical phases in clinical biochemistry laboratory according to IFCC laboratory errors and patient safety specifications. Zorbozan, N., & Orçun Zorbozan, et al. (2022). *Biochemia Medica*, 32(3), 357-365. <https://doi.org/10.11613/BM.2022.030701>.
- From errors to excellence: the pre-analytical journey to improved quality in diagnostics. A scoping review. (2024). *Clinical Chemistry and Laboratory Medicine*. <https://doi.org/10.1515/cclm-2024-1277>.
- Giuseppe Lippi, Mattiuzzi, C., & Favaloro, E. J. (2023). Artificial intelligence in the pre-analytical phase: State-of-the art and future perspectives. *Journal of Medical Biochemistry*, 42, 1-10. <https://doi.org/10.5937/jomb0-45936>.
- International Organization for Standardization. (2022). ISO 15189:2022 Medical laboratories – Requirements for quality and competence. Geneva: ISO.
- Lippi, M., Becan-McBride, K., Behúlová, K., Bowen, A., Church, G., & Delanghe, M. (2013).
- Plebani, R. (2006). Errors in clinical laboratories or errors in laboratory medicine? *Clinical Chemistry and Laboratory Medicine*, 44(6), 750-759.
- Pre-analytical quality improvement: From dream to reality. Lippi, M., Banfi, G., Church, G., Cornes, B. M., Grankvist, S., & Guidi, G. (2011). *Clinical Chemistry and Laboratory Medicine*, 49(7), 1113-1126.
- Preanalytical quality improvement: In quality we trust. *Clinical Chemistry and Laboratory Medicine*, 51(1), 229-241.
- Sciacovelli, M., O’Kane, A., Skaik, F., Caciagli, M., Pellegrini, C., & Plebani, R. (2017). Quality indicators in laboratory medicine: From theory to practice. *Biochemia Medica*, 27(3), 321-335.
- Status of pre-analytical quality management of laboratory tests at primary clinics in Korea. (2022). *Annals of Laboratory Medicine*, 43(5), 493-502.
- Stephan, C., Kalomeris, T., Li, Y., Kubiak, J., Racine-Brzostek, S., SahBandar, I., Zhao, Z., Cushing, M. M., & Yang, H. S. (2025). Preanalytical considerations of handling suspected Creutzfeldt–Jakob disease specimens within the clinical pathology laboratories: A survey-based approach. *Journal of Clinical Medicine*, 14(1), 204. <https://doi.org/10.3390/jcm14010204>.
- World Health Organization. (2010). WHO Guidelines on Drawing Blood: Best Practices in Phlebotomy. Geneva: WHO Press.