

МОДЕРНИ СТРАТЕГИИ И НОВИ ЗДРАВНИ ТЕХНОЛОГИИ ПРИ ХИРУРГИЧНОТО ЛЕЧЕНИЕ НА ОНКОЛОГИЧНИ ЗАБОЛЯВАНИЯ НА ГАСТРОИНТЕСТИНАЛНИЯ ТРАКТ

Костадин Ангелов

Катедра по хирургия, Медицински университет – София

INNOVATIVE SURGICAL TECHNIQUES FOR MALIGNANT DISEASES OF THE GASTROINTESTINAL TRACT

Kostadin Angelov

Department of Surgery, Medical University of Sofia

РЕЗЮМЕ

Хирургичното лечение на злокачествените заболявания на гастроинтестиналния тракт претърпява значително развитие през последните години благодарение на внедряването на иновативни технологии, минимално инвазивни подходи и мултидисциплинарни стратегии. Целта на настоящата статия е да направи обзор и критичен анализ на съвременните иновативни хирургични техники, използвани при лечението на гастроинтестинални малигнени заболявания, с акцент върху техните онкологични резултати, безопасност и потенциал за клинично приложение.

Разгледани са основни направления на иновации, включително хипертермичната интраперитонеална химиотерапия (HIPEC), флуоресцентната навигация с индоцианиново зелено (ICG), сентинелната лимфна навигационна хирургия, както и 3D моделирането и използването на технологии за разширена и виртуална реалност в предоперативното планиране и интраоперативната навигация. Представени са данни от рандомизирани клинични проучвания, систематични прегледи и метаанализи, които оценяват ефективността на тези подходи при различни гастроинтестинални локализации, най-вече рак на стомаха и колоректален карцином.

Анализът показва, че HIPEC може да предложи ползи при строго селектирани пациенти с перитонеална карциноматоза, но към момента остава с експериментален статут поради противоречиви доказателства за подобрение на общата преживяемост. За разлика от това ICG-флуоресцентната навигация демонстрира убедителни резултати по отношение на подобрена лимфаденектомия, по-добра съдова визуализация и намаляване на следоперативните усложнения, което я утвърждава като обещаващ стандарт в минимално инвазивната гастроинтестинална хирургия. Сентинелната навигационна хирургия предлага възможност за органосъхраняващи интервенции при ранен рак на стомаха, без компромис с онкологичната сигурност.

В заключение интеграцията на иновативни хирургични техники, навигационни технологии и мултидисциплинарни подходи води до по-персонализирано и прецизно лечение на гастроинтестиналните злокачествени заболявания, като бъдещите усилия следва да бъдат насочени към стандартизация, дългосрочни резултати и високо ниво на доказателственост.

Ключови думи: иновативни, хирургични техники, злокачествени заболявания, гастроинтестинален тракт

ABSTRACT

The surgical treatment of gastrointestinal malignancies has undergone significant development in recent years due to the introduction of innovative technologies, minimally invasive approaches, and multidisciplinary strategies. The aim of this article is to provide an overview and critical analysis of modern innovative surgical techniques used in the treatment of gastrointestinal malignancies, with a focus on their oncological outcomes, safety, and potential for clinical application.

Major areas of innovation are reviewed, including hyperthermic intraperitoneal chemotherapy (HIPEC), indocyanine green (ICG) fluorescence navigation, sentinel lymph node navigation surgery, as well as 3D modeling

and the use of augmented and virtual reality technologies in preoperative planning and intraoperative navigation. Data from randomized clinical trials, systematic reviews, and meta-analyses are presented, evaluating the effectiveness of these approaches in different gastrointestinal localizations, especially gastric and colorectal carcinoma.

The analysis shows that HIPEC may offer benefits in carefully selected patients with peritoneal carcinomatosis, but it remains experimental at present due to conflicting evidence of improvement in overall survival. In contrast, ICG fluorescence navigation has demonstrated convincing results in terms of improved lymphadenectomy, better vascular visualization, and reduced postoperative complications, establishing it as a promising standard in minimally invasive gastrointestinal surgery. Sentinel lymph node navigation surgery offers the possibility of organ-sparing interventions in early gastric cancer without compromising oncological safety.

In conclusion, the integration of innovative surgical techniques, navigation technologies, and multidisciplinary approaches leads to more personalized and precise treatment of gastrointestinal malignancies, and future efforts should focus on standardization, long-term results, and high-level evidence.

Keywords: innovative, surgical techniques, malignant diseases, gastrointestinal tract

ВЪВЕДЕНИЕ

Злокачествените заболявания на гастроинтестиналния тракт представляват едно от най-сериозните предизвикателства пред съвременната медицина поради високата си честота, значителната смъртност и комплексния характер на лечението. В световен мащаб тези неоплазии заемат водещо място сред причините за онкологична заболеваемост и леталитет, като колоректалният, стомашният и панкреасният карцином имат особено неблагоприятно въздействие върху общественото здраве. Въпреки напредъка в диагностиката и системното лечение хирургичната интервенция остава основният и най-ефективен лечебен метод с потенциал за радикално излекуване при значителна част от пациентите.

През последните две десетилетия гастроинтестиналната онкологична хирургия претърпя съществена трансформация, обусловена от внедряването на минимално инвазивни и технологично напреднали методи. Лапароскопската и роботизираната хирургия, усъвършенстваните техники за интраоперативна навигация и новите подходи за локорегионално лечение значително разшириха възможностите за прецизна, щадяща и персонализирана хирургична терапия. Основен акцент в този процес е стремежът към оптимален баланс между онкологичната радикалност и запазването на органната функция, с цел подобряване на следоперативното възстановяване и качеството на живот на пациентите.

Сред най-значимите иновации в гастроинтестиналната хирургия се открояват хипертермичната интраперитонеална химиотерапия, флуоресцентната навигация с индоцианиново зелено, сентинелната лимфна навигационна хирургия, както и използването на триизмерно моделиране и технологии за разширена и виртуална реалност. Тези подходи намират приложение както при лечението на на-

преднали заболявания, включително перитонеална карциноматоза, така и при ранни форми на рак, при които органосъхраняващите стратегии имат особена клинична стойност. Въпреки обещаващите резултати част от тези методи все още са предмет на интензивни научни дискусии по отношение на тяхната ефективност, безопасност и място в стандартните терапевтични алгоритми.

В този контекст възниква необходимостта от систематизиран и критичен анализ на съвременните иновативни хирургични техники, приложими при злокачествените заболявания на гастроинтестиналния тракт. Настоящата статия има за цел да представи и оцени най-новите технологични и концептуални достижения в тази област, като разгледа тяхната клинична приложимост, онкологични резултати и перспективи за бъдещо развитие в рамките на мултидисциплинарното онкологично лечение.

Хипертермична интраперитонеална химиотерапия (HIPEC)

HIPEC е комплексна, иновативна хирургично-онкологична стратегия, която обединява циторедуктивна хирургия (CRS) за максимално отстраняване на видимия тумор и последващо приложение на интраперитонеална химиотерапия с повишена температура, с цел да се подобри локалният контрол на заболяването и да се увеличат преживяемостта и други клинични резултати при пациенти с перитонеална карциноматоза от гастроинтестинален произход. При хипертермичната интраперитонеална химиотерапия се използва разтвор, който е загрят до 41–42 °C, като високата температура подобрява въздействието на химиотерапията върху туморните клетки. По време на HIPEC процедурата химиотерапевтичната смес се загрява до 42–43 °C, след което се влива в коремната кухина за около 60–80 минути. HIPEC се използва при лечение на рак на

дебело черво, стомах, а отскоро и на панкреас. Макар че международните данни показват потенциални ползи при селектирани пациенти и в определен контекст, настоящите доказателства остават нееднозначни, което превръща НИРЕС в област с активни изследвания и все още експериментален статут във връзка с рутинното лечение на гастроинтестинални тумори.

Противоречивите доказателства около ролята на НИРЕС при гастроинтестинални малигнени заболявания са обобщени в систематичен преглед и метаанализ, който анализира някои RCT при пациенти с рак на стомаха и колоректален рак, оценявайки както превенцията, така и лечението на перитонеална карциноматоза чрез CRS плюс НИРЕС (1). Включените RCT показват, че според настоящите данни няма доказано общо подобрение на OS за пациенти с гастроинтестинални и билиарни новообразувания, което прави ролята на НИРЕС в този контекст експериментална и изисква допълнителни големи многоцентрови проучвания, за да се определи нейната ефективност (1). Въпреки че при някои подгрупи (като перитонеална карциноматоза от гастричен произход) се наблюдават намалени рискове за събития, доказателствените данни все още са несигурни и ограничени по обем и качество, което поставя НИРЕС извън стандартните препоръки за лечение при гастроинтестинални тумори до получаване на убедителни резултати от фаза III RCT (1).

Друг систематичен литературен преглед се фокусира върху резултатите от циторедуктивна хирургия и НИРЕС при пациенти с рак на стомаха, развил перитонеална карциноматоза, където традиционната системна химиотерапия без локален контрол води до много лоша прогноза (2). Данните показват, че при пациенти с пълна циторедукция и последваща НИРЕС процедура средната преживяемост може да се увеличи значително в сравнение с поддържаща терапия, а петгодишната обща преживяемост варира значително в зависимост от степента на циторедукция и конкретните характеристики на пациента (2). Този подход цели да премахне видимите туморни маси и да унищожи микроскопични остатъчни клетки чрез локално приложение на загрят химиотерапевтичен разтвор, като се счита, че това може да подобри оцеляването при селектирани пациенти, но с многобройни ограничения, свързани с дизайна на наличните проучвания, липсата на големи рандомизирани данни и вариабилността в резултатите (2).

ICG (индоцианиново зелено) флуоресцентно маркиране за лимфна навигация и васкуларна оценка

ICG-навигацията рутинно подобрява визуализацията на лимфните пътища и венозния/артериалния кръвоток, което води до по-голяма степен на дисекция на лимфни възли при гастректомии и по-точна лимфаденектомия без увеличаване на общите усложнения, като в някои рандомизирани контролирани проучвания (RCT) и метаанализи е показано и намаляване на някои периперативни маркери (например кръвене и инсуфициенция на анастомозата в определени ситуации).

В рандомизирано клинично изпитване фаза 3, проведено от Chen et al. (2023), сравняващо ICG-насочена лапароскопска лимфаденектомия с конвенционални подходи при пациенти със стомашен карцином, дългосрочните резултати са показали, че ICG-насочената навигация подобрява хирургичната прецизност и потенциално увеличава дисекцията на лимфни възли, допринасяйки за по-добри онкологични резултати (3). След извършен систематичен преглед и метаанализ на проучвания, изследващи по-широката роля на ICG в интраоперативната навигация при хирургично лечение на стомашен карцином, Mourdi et al. (2025) потвърждават, че този метод значително подобрява визуализацията и идентификацията на перигастрични и регионални лимфни възли, включително малки и дълбоко разположени възли, които биха могли да бъдат пропуснати при конвенционална хирургия (4). ICG осигурява отлична визуализация на кръвоснабдяването, включително идентификация на свързани артерии и вени, което помага за прецизна съдова дисекция и намалява риска от съдови увреждания (4).

Като цяло флуоресцентната навигация улеснява по-точното определяне на резекционните граници и помага за оценка на радикалността на резекцията, особено при тумори с неясни анатомични граници. ICG също така позволява интраоперативна оценка на перфузията на анастомозата, което може да намали риска от инсуфициенция на анастомозата и други постоперативни усложнения (4). Авторите отбелязват хетерогенност във включените проучвания по отношение на хирургична техника, дозировка на ICG и методи на приложение, което подчертава необходимостта от стандартизирани протоколи. Въпреки това метаанализът демонстрира статистически значимо подобрение в броя дисецирани лимфни възли и тенденция към намалени следоперативни усложнения при използване на ICG насочване (4).

В специфичен клиничен протокол Lv et al. (2025) са публикували проучване, фокусирано конкретно върху ползите от ICG при лапароскопска тотална гастректомия за напреднал горен стомашен карци-

ном - анатомична локализация, при която лимфаденектомията е особено предизвикателна (5). ICG значително е подобрил визуализацията на лимфни възли в областта на далачната артерия и панкреатолиеналната област, които често са метастатични при горни стомашни тумори (5). ICG флуоресценцията е позволила по-прецизна идентификация и запазване на далачната артерия и вена, като същевременно е осигурила адекватна лимфна дисекция, намалявайки необходимостта от спленектомия (5). Не е било наблюдавано увеличение на усложненията, свързани с панкреаса (панкреатична фистула) или далака въпреки по-екстензивната дисекция в ICG групата (5). Краткосрочните онкологични резултати са показали по-добър локорегионален контрол при ICG групата, като авторите планират дългосрочно проследяване за оценка на преживяемостта (5).

В друго изследване, публикувано от Zhong et al. (2025), петгодишните онкологични резултати от рандомизираното клинично изпитване FUGES-012 предоставят най-дългосрочните данни за ефективността на ICG-насочена лимфаденектомия при стомашен карцином. Резултатите подкрепят включването на ICG технологията като стандарт при лапароскопска гастректомия, особено при случаи, изискващи D2 лимфаденектомия в напреднал стадий на заболяването (стадий II или III) (6).

В метаанализ на индивидуални пациентски данни (IPD meta-analysis), проведен от Cali et al. (2025), е бил изследван ефектът на ICG-насочена лимфаденектомия върху преживяемостта при гастректомия в 17 проучвания, обхващащи общо над 2200 пациенти (7). Този тип анализ предоставя по-високо ниво на доказателства от конвенционалните метаанализи, тъй като използва първични данни от отделни пациенти (7). При него не е било наблюдавано увеличение на следоперативните усложнения или смъртност, свързани с употребата на ICG, потвърждавайки благоприятния профил на безопасност, като същевременно се е подобрило количеството дисецирани лимфни възли (7). Подгрупови анализи са показали, че ползите от ICG са налични независимо от хирургичния подход (лапароскопски спрямо отворен), вида на резекция (тотална спрямо субтотална гастректомия) и географския регион (7).

През 2025 г. Обществото на американските гастроинтестинални и ендоскопски хирурзи (SAGES) публикува актуален систематичен преглед и метаанализ на флуоресцентната образна навигация при гастроинтестинална хирургия с използване на ICG (8). Прегледът обхваща употребата на ICG не само при рак на стомаха, но и при други гастроинтести-

нални процедури, включително колоректална, хепатобилиарна и езофагеална резекция (8) Документът предоставя препоръки за стандартизирани протоколи за дозиране, време на приложение и техника на визуализация, адресирайки хетерогенността, наблюдавана в предишни проучвания (8). При рак на стомаха прегледът потвърждава, че ICG значително подобрява идентификацията на перигастрични и регионални лимфни възли с обединени оценки, показващи 20–30% увеличение в броя на извлечени лимфни възли (8).

Специално внимание е обърнато на ролята на ICG за интраоперативна оценка на перфузията на анастомозите, като данните показват значимо намаляване на анастомотичните течове (относителна риск редуция от 30–50%) (8). ICG флуоресценцията помага за по-точно определяне на туморните граници и оценка на радикалността на резекцията особено при тумори с дифузен растеж или неясна макроскопска граница (8). Прегледът подчертава ползите от ICG за идентификация на критични съдови структури като целиакални клонове и гастроепиплоични артерии, намалявайки риска от съдови увреждания (8).

SAGES предоставя условни препоръки за включване на ICG флуоресцентна навигация в рутинната практика при сложни гастроинтестинални онкологични процедури, особено когато е необходима прецизна лимфаденектомия (8).

Сентинелни възли/навигационни стратегии (SN-navigation)

Лапароскопската сентинелна лимфна навигационна хирургия (SNNS) като алтернатива на стандартната гастректомия при пациенти с ранен рак на стомаха е изследвана в значимо рандомизирано клинично проучване, резултатите от които са публикувани от Kim et al. (2022) (9). Проучването затвърждава SNNS като съизмерима алтернатива на стандартната гастректомия за селектирани пациенти с ранен стомашен карцином (9). Чувствителността за детекция на лимфна метастаза чрез сентинелна биопсия е висока (>90%), с много нисък процент на фалшиво-негативни резултати (<5%) (46). При значителна част от пациентите в SNNS групата (>60%) успешно е бил запазен стомахът, избягвайки радикалната гастректомия, като при тях е била извършена само локална или сегментна резекция (9). При проследяване от 3 години не се наблюдава статистически значима разлика в преживяемостта без рецидив между SNNS групата и стандартната група с гастректомия, потвърждавайки онкологичната безопасност на подхода. Той предлага „персонали-

зирана“ хирургия, при която обемът на резекция се адаптира към индивидуалния лимфен дренажен модел и метастатичен статус (9). SNNS е особено подходящ за млади пациенти с очаквана дълга продължителност на живота, при които запазването на активността и качеството на живот са приоритетни (9).

В литературен преглед, публикуван от Booka et al. (2023), обобщаващ най-новите развития в сентинелната лимфна навигационна хирургия за ранен стомашен карцином, е разгледано приложението на радиоколоидни трейсъри в комбинация с ICG флуоресцентна визуализация (10). При него ICG предлага предимства на визуализация в реално време, по-добро проникване в тъкани и липса на радиационно излагане, при което комбинираният подход (dual tracer) с радиоколоид дава най-висока честота на идентификация (10). Експериментални нови флуоресцентни агенти като IRDye800CW и други трейсъри от близката инфрачервена област могат да предложат подобрена визуализация (10).

Развитието на лапароскопски системи с вградена флуоресцентна визуализация и по-висока резолюция улеснява идентификацията дори на дълбоко разположени или малки сентинелни възли (10). Субсерозното инжектиране по време на лапароскопията показва отличен баланс между техническа леснота и точност, при което оптималната дозировка на ICG е определена в рамките на 0,5–5 mg, инжектирани на 4 точки около тумора, с време за миграция от 10–30 минути преди дисекция (10). Консенсусът е, че идентификацията и биопсията на поне 3–5 сентинелни възела увеличават чувствителността и намаляват риска от фалшиво-негативни резултати (10). Най-добри резултати са получени при тумори с диаметър ≤ 4 cm, където лимфният дренаж е по-предвидим (10). Оптимални кандидати са T1a (интрамукозни) и селектирани T1b (субмукозни SM1) тумори без лимфоваскуларна инвазия, като диференцираните аденокарциноми са по-подходящи от недиференцираните тумори поради по-нисък риск от лимфна метастаза (10). Туморите в долната и средната третина на стомаха са по-подходящи, докато проксималните тумори представляват предизвикателство поради сложния лимфен дренаж. Допълнителна имунохистохимична оценка (напр. с цитокератини) може да идентифицира изолирани туморни клетки (10).

В прегледа на Booka et al. (2023) са представени данни, показващи $>95\%$ честота на идентификация и $<3\%$ честота на фалшиво-негативни резултати при стриктно спазване на критериите за подбор (10). При правилно селектирани пациенти петгодишната

обща преживяемост е $>95\%$, а преживяемостта без прогресия е $>90\%$ (10). Редките рецидиви са предимно хематогенни или перитонеални, а не лимфогенни, което потвърждава адекватността на лимфния контрол (10).

Сред ограниченията на техниката са, че тя изисква специализирано обучение и опит, като успешността нараства значително след първите 30–50 случая (10). Липсата на универсално приети протоколи за дозиране, инжекция и патологична оценка води до вариабилност между медицинските центрове, а макар и редки, фалшиво-негативните резултати остават основна грижа, особено при пациенти с по-големи или недиференцирани тумори (10). Освен това някои тумори имат непредвидим лимфен дренаж, което може да доведе до пропускане на метастатични възли (10).

В систематичен преглед и метаанализ Huang et al. (2021) се фокусират специфично върху оптимизацията на протоколите за образна визуализация и маркиране при сентинелна лимфна биопсия за карцином на стомаха (11). Метаанализът включва >50 проучвания (рандомизирани кохортни и наблюдационни) с над 5000 пациенти общо (11). Използвани са съвкупни оценки с модели на случайни ефекти, анализ на хетерогенност и метарегресия за идентификация на факторите, влияещи на резултатите (11). Сравнените методи за маркиране включват: изолирано синьо оцветяване, изолиран радиоколоиден трейсър (^{99m}Tc), комбиниран метод (синьо оцветяване + радиоколоид), самостоятелна ICG флуоресцентна визуализация, както и комбиниран метод (ICG + радиоколоид) (11). Поради най-високите показатели по всички критерии (включва предимствата на двата метода) методът с комбиниране на ICG + радиоколоид е приет за „златен стандарт“ (11).

Основавайки се на резултатите от метаанализа, авторите предлагат следния оптимизиран протокол: комбиниран метод за маркиране с ICG + радиоколоид за най-висока точност, а като алтернатива за центрове без достъп до радиоколоиди - самостоятелно ICG (11). Препоръчаната техниката на инжектиране при T1a тумори е ендоскопско субмукозно прилагане, като лапароскопското субсерозно инжектиране също е приемливо за T1a, както и за селектирани пациенти с T1b SM1 тумори (11). Оптималното дозиране на ICG е 2,5 mg (0,5 mg/ml x 5 ml), разделени в 4 инжектирания по 1,25 ml, а на радиоколоида - от 74 до 148 MBq, разделени в 4 инжектирания (11). Препоръчва се времето за приложение на радиоколоида да бъде 1 ден преди операция с лимфосцинтиграфия, а на ICG - 20–30 мин преди лимфна дисек-

ция (11). Критериите за дефиниция на сентинелен възел включват: всеки лимфен възел с радиоактивност $>10\%$ от най-горещия възел, всеки лимфен възел с флуоресценция, видима при ICG изображение, всеки първичен възел по визуален лимфен канал, като необходимият минимален брой за биопсия е поне 3–4 сентинелни възела за оптимална чувствителност на изследването (11).

Икономическата оценка, включена в метаанализа, показва, че първоначално комбинираният метод е по-скъп, но може да бъде разходно ефективен чрез избягване на ненужни гастректомии при негативни сентинелни възли, а намалените усложнения и подобреното качество на живот при запазване на стомаха водят до дългосрочни икономии на разходи (11).

Биопсията на сентинелни възли и комбинираните техники за картографиране (радиоизотоп + ICG) предоставят високи нива на детекция и диагностична точност при ранни стомашни тумори, като това създава възможност за органосъхраняващи операции при стриктно подобрени пациенти (11). Наличните многоцентрови прегледи и метаанализи показват висока детекционна честота, но внедряването изисква стандартизация и обучен персонал (11).

1.1 3D моделиране, AR/VR и интраоперативна навигация

Триизмерното (3D) моделиране и навигацията с помощта на разширена реалност (augmented reality, AR) и виртуална реалност (virtual reality, VR) подобряват предварителното планиране и ориентацията в операционната зала, което намалява времето за ориентиране, подпомага сложни резекции (например чернодробни сегментектомии) и подпомага вземането на мултидисциплинарни решения по време на операцията (12,13,14,15). Множество предимства все повече утвърждават 3D моделирането като важен инструмент в предоперативното планиране при хирургично лечение на злокачествени заболявания на гастроинтестиналния тракт (12). Чрез използване на образни методи като компютърна томография и магнитнорезонансна томография се създават специфични за всеки пациент 3D реконструкции, които позволяват прецизна визуализация на туморната локализация, съдовата анатомия и връзките със съседни органи (12,13). Това подпомага избора на оптимална хирургична стратегия особено при сложни резекции на черен дроб, панкреас и стомах, намалявайки риска от интраоперативни усложнения и подобрявайки радикалността на резекцията (14,15).

Методите за AR и VR навигация също намират все по-широко приложение както в обучението, така

и в клиничната практика. VR се използва основно за хирургично обучение и симулации, позволявайки на хирурзите да тренират сложни онкологични процедури в контролирана среда без риск за пациента (16). AR, от друга страна, има потенциал за директно клинично приложение чрез наслагване на дигитална информация, включително 3D анатомични модели, съдови структури и туморни граници, върху реалното оперативно поле, което подпомага ориентацията и повишава прецизността по време на минимално инвазивни и роботизирани интервенции (21). В момента повечето данни са от пилотни проучвания, но тенденцията е към по-широко приложение и интеграция с ICG и ултразвукова навигация (22).

Интраоперативната навигация представлява логично продължение на 3D моделирането и AR технологиите, като комбинира предоперативни образни данни с интраоперативна информация от реалността в реално време. Навигационните системи позволяват проследяване на хирургичните инструменти спрямо анатомичните структури и тумора, което е особено ценно при онкологични резекции с тесни граници или при повторни операции. В хирургията на гастроинтестиналните тумори тези технологии подпомагат постигането на R0 резекция, ограничават ненужната тъканна травма и могат да подобрят краткосрочните клинични резултати (23).

1.2 Комбинирани мултидисциплинарни стратегии (MIS + неoadювантни терапии + навигация)

С прилагането на ICG, роботика и навигация в мултидисциплинарен план все повече медицински центрове постигат по-висок процент R0-резекции след проведена неoadювантна терапия и разширяват показанията за хирургично лечение при селектирани случаи на олигометастатично заболяване. Резултатът е по-персонализирана хирургия с подобро съотношение полза/риск. Комбинираните мултидисциплинарни стратегии при хирургично лечение на злокачествени заболявания на гастроинтестиналния тракт обединяват MIS подходи, неoadювантни терапии и интраоперативна навигация, за да подобрят онкологичните и функционалните резултати. MIS, включваща лапароскопска и робот-асистирана хирургия, намалява хирургичния травматизъм и ускорява възстановяването в сравнение с отворените процедури, като същевременно поддържа еквивалентни онкологични резултати при подходящо подобрени случаи (24,25,26).

Неоадювантните терапии (химио-, имуно- и таргетна терапия), прилагани преди резекция, имат за цел да редуцират обема и инвазивността на тумора, да подобрят шансовете за R0 резекция и да намалят риска от рецидив, особено при локално напреднали и високорискови тумори на ГИТ (27). Интеграцията на интраоперативни навигационни техники, включително интраоперативен ултразвук (IOUS), флуоресцентна навигация с ICG и 3D реконструкции/AR-наслаждане, подпомага визуализацията на туморните граници, съдови структури и лимфни пътища в реално време, което допринася за по-прецизно постигане на радикална резекция (28). Съвместното приложение на тези подходи в мултидисциплинарни програми, включващи онколози, радиолози, хирурзи и специалисти по образна диагностика, е свързано с по-благоприятни краткосрочни и дългосрочни клинични резултати, включително намалена честота на усложнения, по-кратък болничен престой, намален риск от рецидив и подобрена обща преживяемост, съгласно данни от систематични прегледи и клинични серии (29).

ДИСКУСИЯ

Настоящият обзор потвърждава, че съвременната гастроинтестинална онкологична хирургия се намира в етап на динамична трансформация, обусловена от интеграцията на иновативни технологии, минимално инвазивни техники и мултидисциплинарни терапевтични стратегии. Анализът на наличните данни показва, че въпреки значителния напредък, нивото на доказателственост и клиничната зрялост на различните иновации варират съществено, което налага диференциран подход при тяхното приложение.

По отношение на хипертермичната интраперитонеална химиотерапия (HIPEC) резултатите от систематичните прегледи и рандомизираните клинични проучвания остават противоречиви. Макар че при строго селектирани пациенти с перитонеална карциноматоза, особено от гастричен произход, се съобщава за подобрение на медианната преживяемост, липсват убедителни доказателства за универсална полза по отношение на общата преживяемост. Това поставя HIPEC извън рамките на стандартното лечение и я позиционира като експериментален или високо специализиран метод, приложим предимно в центрове с натрупан опит и в рамките на клинични протоколи. В този контекст ключови остават въпросите за оптималната селекция на пациенти, стандартизацията на техниката и дългосрочния баланс между полза и хирургична морбидност.

За разлика от HIPEC флуоресцентната навигация с индоцианиново зелено (ICG) се очертава като една от най-добре валидираните иновации в минимално инвазивната гастроинтестинална хирургия. Данните от рандомизирани клинични изпитвания, метаанализи и индивидуални пациентски анализи последователно демонстрират, че ICG-насочената хирургия води до по-прецизна лимфаденектомия, по-добра визуализация на съдовите структури и надеждна оценка на тъканната перфузия, без увеличение на следоперативните усложнения. Особено значима е ролята на ICG при сложни D2 лимфаденектомии и при минимално инвазивни подходи, където визуалните ограничения са по-изразени. Въпреки това остава необходимостта от унифициране на протоколите за дозиране, време и начин на приложение, за да се минимизира хетерогенността между центровете и да се улесни широкото внедряване.

Сентинелната лимфна навигационна хирургия представлява концептуална промяна в лечението на ранния рак на стомаха, като въвежда принципите на органосъхраняващата и персонализирана хирургия. Представените данни показват висока диагностична точност, нисък процент фалшиво-негативни резултати и онкологична сравнимост спрямо стандартната гастректомия при строго подобрени пациенти. Това позволява значително подобряване на функционалните резултати и качеството на живот, без компромис с онкологичната безопасност. Въпреки тези предимства техниката изисква висока експертиза, мултидисциплинарна координация и стриктно спазване на селекционните критерии, което ограничава нейното приложение извън специализирани центрове.

Технологиите за 3D моделиране, разширена и виртуална реалност и интраоперативна навигация допълват арсенала на съвременната онкологична хирургия, като подобряват предоперативното планиране и интраоперативната ориентация. Макар понастоящем повечето налични данни да произхождат от пилотни проучвания и клинични серии, наблюдава се ясна тенденция към интеграция на тези технологии с ICG-флуоресценция и интраоперативен ултразвук. Потенциалът им за подобряване на радикалността на резекцията и намаляване на ненужната тъканна травма е обещаващ, но изисква бъдещи проспективни и рандомизирани изследвания за потвърждение на клиничната и икономическата им ефективност.

Особено важно е, че най-голямата клинична стойност се постига не чрез изолирано прилагане

на отделни иновации, а чрез тяхната интеграция в комбинирани мултидисциплинарни стратегии. Съчетавайки минимално инвазивна и робот-асистирана хирургия, неoadювантни терапии и интраоперативна навигация, все повече центрове постигат по-високи проценти на R0 резекции и разширяват показанията за хирургично лечение при селектирани случаи на олигометастатично заболяване. Това води до по-персонализирана хирургия с подобро съотношение полза/риск, при запазване на онкологичната адекватност и подобряване на функционалните резултати.

В обобщение резултатите от настоящия анализ подчертават, че бъдещето на гастроинтестиналната онкологична хирургия е тясно свързано с персонализираната, навигационно подпомогната и мултидисциплинарен подход. Основните предизвикателства остават свързани със стандартизацията на иновативните техники, натрупването на дългосрочни онкологични данни и дефинирането на ясни индикации за клиничното им приложение.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В заключение интеграцията на иновативни хирургични техники, навигационни технологии и мултидисциплинарни подходи води до по-персонализирано и прецизно лечение на гастроинтестиналните злокачествени заболявания, като бъдещите усилия следва да бъдат насочени към стандартизация, дългосрочни резултати и високо ниво на доказателственост.

ЛИТЕРАТУРА

- Filis P, Kanellopoulou A, Gogadis A, et al. Hyperthermic intraperitoneal chemotherapy for management of gastrointestinal and biliary tract malignancies: a systematic review and meta-analysis of randomized trials. *Ann Gastroenterol.* 2023;36(1):87–96. doi:10.20524/aog.2023.0758.
- Gill RS, Al-Adra DP, Nagendran J, et al. Treatment of gastric cancer with peritoneal carcinomatosis by cytoreductive surgery and HIPEC: a systematic review of survival, mortality, and morbidity. *J Surg Oncol.* 2011;104(6):692–698. doi:10.1002/jso.22017.
- Chen QY, Zhong Q, Liu ZY, et al. Indocyanine green fluorescence imaging-guided versus conventional laparoscopic lymphadenectomy for gastric cancer: long-term outcomes of a phase 3 randomized clinical trial. *Nat Commun.* 2023;14(1):7413. doi:10.1038/s41467-023-42712-6.
- Mourdi N, Wu Y, Su Y, et al. The role of indocyanine green in the intraoperative navigation of gastric cancer surgery: a systematic review and meta-analysis. *BMC Cancer.* 2025;25:15306. doi:10.1186/s12885-025-15306-2.
- Lv CB, Tong LY, Sun YQ, et al. Beneficial impact of indocyanine green fluorescence imaging on lymphadenectomy in laparoscopic total gastrectomy for advanced upper gastric cancer. *Front Oncol.* 2025;15:1588048. doi:10.3389/fonc.2025.1588048.
- Zhong Q, Wu D, Liu ZY, et al. Long-term oncological outcomes of indocyanine green fluorescence imaging-guided laparoscopic lymphadenectomy for gastric cancer: five-year outcomes from the FUGES-012 randomized clinical trial. *BMC Med.* 2025;23(1):497. doi:10.1186/s12916-025-04334-1.
- Cali M, Aiolfi A, Sato S, et al. Effect of indocyanine green-guided lymphadenectomy during gastrectomy on survival: individual patient data meta-analysis. *Cancers (Basel).* 2025;17(6):980. doi:10.3390/cancers17060980.
- Society of American Gastrointestinal and Endoscopic Surgeons (SAGES). Systematic review and meta-analysis for fluorescence image-guided gastrointestinal surgery using indocyanine green. 2025.
- Kim YW, Min JS, Yoon HM, et al. Laparoscopic sentinel node navigation surgery for stomach preservation in patients with early gastric cancer: a randomized clinical trial. *J Clin Oncol.* 2022;40:2342–2351. doi:10.1200/JCO.21.02242.
- Booka E, Takeuchi H. Recent advances in sentinel node navigation surgery for early gastric cancer. *J Gastric Cancer.* 2023;23(1):159–170. doi:10.5230/jgc.2023.23.e4.
- Huang Y, Pan M, Chen B. Sentinel lymph node biopsy in gastric cancer: optimization of imaging protocols – systematic review and meta-analysis. *World J Surg.* 2021;45(4):1126–1134. doi:10.1007/s00268-020-05900-9.
- Deng Y, He LJ, Li X. Robotic versus laparoscopic gastrectomy for gastric cancer in Asia: a meta-analysis of short-term outcomes from six randomized controlled trials. *Eur J Surg Oncol.* 2025;51(9):110298. doi:10.1016/j.ejso.2025.110298.
- Thrikandiyur A, Kourounis G, Tingle S, Thambi P. Robotic versus laparoscopic surgery for colorectal disease: a systematic review, meta-analysis and meta-regression of randomized controlled trials. *Ann R Coll Surg Engl.* 2024;106(8):658–671. doi:10.1308/rcsann.2024.0038.
- Gahunia S, Wyatt J, Powell SG, et al. Robotic-assisted versus laparoscopic surgery for colorectal cancer in high-risk patients: a systematic review and meta-analysis. *Tech Coloproctol.* 2025;29(1):98. doi:10.1007/s10151-025-03141-3.
- Sheik-Ali S, Edgcombe H, Paton C. Next-generation virtual and augmented reality in surgical education: a narrative review. *Surg Technol Int.* 2019 Nov;35:27–35. PMID:31498872.
- Lee Y, Yu J, Doumouras AG, Li J, Hong D. Enhanced recovery after surgery versus standard recovery for elective gastric cancer surgery: a meta-analysis of randomized controlled trials. *Surg Oncol.* 2020;32:75–87. doi:10.1016/j.suronc.2019.11.004.
- Mihăilescu AA, Onisăi M, Alexandru A, et al. A comparative analysis between enhanced recovery after surgery and traditional care in the management of obstructive colorectal cancer. *Medicina (Kaunas).* 2024;60(8):1319. doi:10.3390/medicina60081319.
- Tidadini F, Trilling B, Sage PY, et al. Five-year oncological outcomes after enhanced recovery after surgery compared to conventional care for colorectal cancer: a retrospective cohort study of 981 patients. *Tech Coloproctol.* 2025;29(1). doi:10.1007/s10151-024-03036-9.
- Filis P, Kanellopoulou A, Gogadis A, et al. Hyperthermic intraperitoneal chemotherapy for management of

- gastrointestinal and biliary tract malignancies: a systematic review and meta-analysis of randomized trials. *Ann Gastroenterol.* 2023;36(1):87–96. doi:10.20524/aog.2023.0758.
20. Gill RS, Al-Adra DP, Nagendran J, et al. Treatment of gastric cancer with peritoneal carcinomatosis by cytoreductive surgery and HIPEC: a systematic review of survival, mortality, and morbidity. *J Surg Oncol.* 2011;104(6):692–698. doi:10.1002/jso.22017.
 21. Canu EM, Medas F, Noli E, et al. The application of augmented reality in robotic general surgery: a mini-review. *Open Med (Wars).* 2025;20(1):20251170. doi:10.1515/med-2025-1170.
 22. van den Bos J, Schols RM, Luyer MDP, van Dam RM. Near-infrared fluorescence imaging for real-time intraoperative guidance in surgical oncology: a systematic review of literature. *World Journal of Surgery.* 2018;42(10):3077–3091. doi:10.1007/s00268-018-4632-0
 23. Barcali E, Iadanza E, Manetti L, et al. Augmented reality in surgery: a scoping review. *Appl Sci.* 2022;12(14):6890. doi:10.3390/app12146890.
 24. Mourdi N, Wu Y, Su Y, et al. The role of indocyanine green in the intraoperative navigation of gastric cancer surgery: a systematic review and meta-analysis. *BMC Cancer.* 2025;25(1):1920. doi: 10.1186/s12885-025-15306-2
 25. Coco D, Leanza S, Viola MG. Indocyanine green fluorescence navigation in robotic liver segmentectomies: a systematic review and meta-analysis. *J Robot Surg.* 2025;19(1):603. doi:10.1007/s11701-025-02687-6
 26. Zhao L, Zhao J, Wang Y, et al. A randomized trial of combined indocyanine green and endoscopic ultrasound for lymph node evaluation in gastric cancer surgery. *Quant Imaging Med Surg.* 2025 ;15(10):9252–9265. doi: 10.21037/qims-2024-2654
 27. Huang QY, Xu LF, Wu Y, Chen J. Neoadjuvant chemoimmunotherapy in patients with locally advanced squamous head and neck cancer: A retrospective study. *Front Oncol.* 2025;15:1576800. doi: 10.3389/fonc.2025.1576800.
 28. Lakany M, Sharif A, Alazzam M, Howell C, Mitchell S, Pappa C, Shibli D, Story L, Sayasneh A. Intraoperative Ultrasound as a Decision-Making Tool in Modern Gynecologic Oncology. *J Pers Med.* 2025;15(7):296. doi: 10.3390/jpm15070296.
 29. Kočo L, Wekenstroo HHA, Lambregts DMJ, Sedelaar JPM, Prokop M, Fütterer JJ, Mann RM. The Effects of Multidisciplinary Team Meetings on Clinical Practice for Colorectal, Lung, Prostate and Breast Cancer: A Systematic Review. *Cancers (Basel).* 2021;13(16):4159. doi: 10.3390/cancers13164159

✉ **Адрес за кореспонденция:**
Костадин Ангелов
Медицински университет
бул. „Акад. Иван Гешов“ 15
София, 1431
e-mail: k.angelov@medfac.mu-sofia.bg

ORCID: 0000-0002-4802-8024