

DOI: 10.31146/1682-8658-ecg-164-4-93-99

## Современные эндоскопические технологии в диагностике неоплазий толстой кишки

Дуванский В. А.<sup>1,2</sup>, Чесалина Я. О.<sup>1</sup><sup>1</sup> ФГБУ «Государственный научный центр лазерной медицины имени О. К. Скобелкина», Москва, Россия<sup>2</sup> Российский университет дружбы народов, Москва, Россия

## Advanced endoscopic technologies for detection of colorectal neoplasms

V. A. Duvanskiy<sup>1,2</sup>, Ya. O. Chesalina<sup>1</sup><sup>1</sup> Skobelkin state scientific center of laser medicine, Moscow, Russia<sup>2</sup> RUDN University, Moscow, Russia

**Для цитирования:** Дуванский В. А., Чесалина Я. О. Современные эндоскопические технологии в диагностике неоплазий толстой кишки. Экспериментальная и клиническая гастроэнтерология. 2019;164(4): 93–99. DOI: 10.31146/1682-8658-ecg-164-4-93-99

**For citation:** Duvanskiy V. A., Chesalina Ya. O. Advanced endoscopic technologies for detection of colorectal neoplasms. *Experimental and Clinical Gastroenterology*. 2019;164(4): 93–99. (In Russ.) DOI: 10.31146/1682-8658-ecg-164-4-93-99

**Дуванский Владимир Анатольевич**, Заместитель директора по научной работе, руководитель отделения эндоскопической хирургии; заведующий кафедрой эндоскопии, эндоскопической и лазерной хирургии

**Чесалина Яна Олеговна**, м.н.с.

**Vladimir A. Duvanskiy**, Deputy Director for Research, Head of the Department of Endoscopic Surgery; Head of the Department of Endoscopy, Endoscopic and Laser Surgery

**Yana O. Chesalina**, Junior Researcher

✉ **Corresponding author:**

**Чесалина Яна Олеговна**

Yana O. Chesalina

+79266542436

chesalinayana@yandex.ru

## Резюме

Колоноскопия — «золотой стандарт» диагностики неоплазий толстой кишки. Одним из наиболее значимых критериев качества колоноскопии, согласно рекомендациям ESGE, считается показатель выявленных аденом (ADR), который должен составлять не менее 20%. Однако показатель широко варьируется, и при колоноскопии пропускается почти четверть аденом и полипов. На сегодняшний день существует широкий ряд дополнительных уточняющих методик эндоскопической диагностики, позволяющих повысить качество колоноскопии. Среди них технологии усовершенствования эндоскопических изображений (image enhanced endoscopy — IEE) и технологии увеличения поля зрения. К технологиям усовершенствования изображений относятся хромокопия и виртуальная хромокопия, включающая NBI, FICE, AFI, i-scan. Увеличить поле зрения позволяют специальные устройства, разглаживающие слизистую во время выведения колоноскопа (дистальный колпачок, Endocuff, Endocuff Vision, Endorings), а также эндоскопы с увеличенным углом обзора — видеоэндоскопическая система FUSE (full spectrum endoscopy). В обзоре литературы описаны указанные технологии и их влияние на показатель выявленных аденом.

**Ключевые слова:** колоректальный рак, колоноскопия, показатель выявленных аденом, хромокопия, виртуальная хромокопия, дистальный колпачок, Endocuff, Endorings, FUSE

## Summary

Colonoscopy has been established as the gold standard for the detection of colorectal neoplasms. Adenoma detection rate (ADR) is one of the most important quality indicator of colonoscopy, and, as it has been recommended by a European Society of Gastrointestinal Endoscopy (ESGE), the benchmark for ADR is 20%. However, ADR widely varies, and almost one fourth of polyps and adenomas are missed. Currently several techniques have been developed with the aim to improve the quality of colonoscopy. Among them there are image-enhanced endoscopy (IEE) and techniques or devices that improve mucosal observation. IEE includes chromoendoscopy and virtual chromoendoscopy (NBI, FICE, AFI, i-scan); among techniques which enable better observation of the mucosa there are add-on devices, such as transparent cap, Endocuff, Endocuff Vision, Endorings; and wide-angle colonoscopes (full spectrum endoscopy — FUSE). In the literature review, these mentioned techniques and their effect on ADR are described.

**Keywords:** colorectal cancer, colonoscopy, adenoma detection rate (ADR), chromoendoscopy, virtual chromoendoscopy, cap, Endocuff, Endorings, FUSE

## Введение

В последние годы отмечается неуклонная тенденция к росту заболеваемости и смертности от колоректального рака. Согласно данным статистики Международного Агентства по Изучению Рака (IARC – International Agency for Research on Cancer) в 2018 году в структуре заболеваемости злокачественными новообразованиями колоректальный рак занимает 3 место в мире (10,2%), в структуре смертности от онкологических заболеваний – 2 место (9,2%) [1, 2].

В Российской Федерации колоректальный рак на 2 месте как в структуре заболеваемости, так и в структуре смертности от онкологических заболеваний. При этом прирост заболеваемости за 10 лет составляет 28,5% [3].

Эти данные свидетельствуют о необходимости внедрения и применения современных методик ранней диагностики неопластических изменений толстой кишки.

«Золотым стандартом» диагностики неоплазий толстой кишки является колоноскопия – метод, который позволяет непосредственно визуализировать образование, оценить его макроскопические характеристики, а также произвести забор материала для гистологического исследования [4, 5, 6].

Важнейшим критерием качества колоноскопии считается показатель выявленных аденом (adenoma detection rate – ADR), который рассчитывается как отношение числа колоноскопий, при которых выявлена хотя бы одна гистологически подтвержденная аденома, к общему числу выпол-

ненных колоноскопий (согласно рекомендациям Европейского общества гастроинтестинальной эндоскопии (European Society of Gastrointestinal Endoscopy – ESGE) ADR должен составлять не менее 20%) [7, 8]. К сожалению, показатель широко варьируется, и, согласно некоторым исследованиям прошлых лет, эндоскописты пропускают практически 25% аденом и полипов [9]. Такие результаты обусловлены неадекватной подготовкой толстой кишки к исследованию, недостаточным опытом врача-эндоскописта [10], недостаточным временем выведения колоноскопа из купола слепой кишки [11, 12].

Повысить качество колоноскопии возможно путем использования современных эндоскопических методик диагностики, которые можно разделить на две группы: к первой относятся технологии усовершенствования эндоскопических изображений (image enhanced endoscopy – IEE), ко второй – технологии увеличения поля зрения.

Технологии усовершенствования эндоскопических изображений (image enhanced endoscopy – IEE).

Технологии усовершенствования эндоскопических изображений расширяют диагностические возможности стандартной видеокколоноскопии в белом свете. Методики визуализации позволяют подчеркнуть рельеф поверхности слизистой оболочки (хромоскопия) и ее сосудистую сеть (виртуальная хромоскопия), таким образом повышая контрастность изображения.

## Хромоскопия

Методика заключается в распылении в помощью спрей-катетера контраста непосредственно на поверхность слизистой. Чаще всего при исследовании толстой кишки используется индиго кармин 0,1–0,5% – контрастный краситель, который покрывает слизистую не абсорбируясь, при этом выявляются даже небольшие изменения, обусловленные повреждением слизистой. Реже используется метиленовый синий – контраст, который интенсивно абсорбируется интактной слизистой и слабо – патологически измененной; таким образом создается цветовой контраст [13].

Хромоскопия может быть как тотальной, так и прицельной.

Тотальная хромоскопия заключается в нанесении контраста на всю слизистую оболочку во время выведения колоноскопа из купола слепой кишки до анального канала.

Диагностическая эффективность метода подтверждена результатами многих исследований. В числе последних работа J. Pohl и соавт. – рандомизированное контролируемое исследование, целью которого было сравнение стандартной колоноскопии и колоноскопии с тотальной хромоскопией на

основании оценки показателя выявленных аденом (ADR). В группе пациентов, которым была выполнена колоноскопия с тотальной хромоскопией (496 человек), ADR был существенно выше, чем в контрольной группе (512 человек), 46,2% и 36,3% соответственно [14].

Ранее аналогичные работы были проведены J. C. Brooker и соавт. в 2002 году и D. P. Hurlstone и соавт. в 2004 году; в их ходе также была доказана эффективность применения тотальной хромоскопии для диагностики неоплазий толстой кишки [15, 16].

В 2016 году S. R. Brown и соавт. провели мета-анализ семи проспективных рандомизированных исследований, в которых оценивалось преимущество колоноскопии с использованием хромоскопии перед стандартной колоноскопией. В каждом из исследований показатель выявленных аденом был значительно выше при использовании данной методики [17].

Прицельная хромоскопия, при которой контраст распыляется непосредственно над обнаруженным образованием, показала себя как эффективная методика диагностики плоских образований [18].

## Виртуальная хромоскопия

Виртуальная хромоскопия – эндоскопическая технология, позволяющая детализировать

поверхностные структуры и сосудистую сеть слизистой оболочки за счет использования специальных

оптических фильтров или компьютерной обработки получаемых изображений. Наибольшее распространение получили следующие методики:

Narrow Band Imaging (NBI; Olympus, Japan), Fuji intelligent color enhancement (FICE; Fujifilm, Japan), Autofluorescence imaging (AFI, i-Scan (Pentax, Japan).

## Narrow Band Imaging (NBI)

Технические принципы NBI основаны на способности селективно повышать контрастность кровеносных сосудов с помощью фильтра, изменяющего стандартный световой спектр. Фильтр поглощает все длины волн, кроме 415 нм и 540 нм – синий и зеленый свет; последние поглощаются гемоглобином крови, таким образом, сосудистая сеть приобретает темный цвет на фоне однородной светлой окружающей ткани слизистой оболочки.

Целью многих проспективных рандомизированных исследований была оценка эффективности узкоспектральной эндоскопии в диагностике неоплазий толстой кишки. Критериями послужили показатели выявленных и пропущенных аденом.

S. Paggi и соавт. провели рандомизированное исследование с целью сравнить NBI-эндоскопию и эндоскопию в белом свете: показатель выявленных аденом в первой группе составил 57,3%, во второй – 58,3%; однако показатель выявленных плоских аденом составил 21,4% и 9,3% соответственно. Следовательно, согласно результатам данного исследования, рутинное использование технологии NBI не повышает частоту выявления аденом, но в то же время, повышает частоту выявления плоских образований [19].

T. Kaltenbach и соавт. в своем исследовании [20], а также D. K. Rex и соавт. [21], A. Adler и соавт. [22] не выявили статистической разницы между эндоскопией в белом свете и узкоспектральной эндоскопией, основываясь на показателях частоты выявленных и пропущенных аденом. Стоит

отметить, что в двух последних исследованиях принимали участие опытные врачи с изначально высоким показателем выявления аденом.

T. Inoue и соавт. в своем исследовании пришли к выводу, что использование NBI способствует повышению показателя выявленных аденом, особенно аденом < 5 мм [23]. Аналогичное заключение сделали T. Uraoka и соавт.: NBI значительно увеличивает частоту выявления плоских аденом и аденом размером < 5 мм [24].

A. Nagorni и соавт. провели анализ 11 рандомизированных клинических исследований, сравнивавших колоноскопию в белом свете и NBI, и заключили, что NBI не повышает показатель выявленных аденом по сравнению с эндоскопией высокого разрешения в белом свете (high definition WLE), но есть данные, что NBI имеет преимущества перед стандартной эндоскопией в белом свете (WLE) [25].

Принимая во внимание результаты перечисленных работ, актуальность NBI для повышения показателя выявленных аденом сомнительна.

В 2014 году были опубликованы результаты рандомизированного исследования W. K. Leung и соавт., в котором оценивалась диагностическая эффективность нового поколения NBI Evis Exera 190. Второе поколение обеспечивает в два раза более яркое изображение и, следовательно, более качественную визуализацию слизистой. Показатель выявленных аденом был значительно выше в группе NBI-190, чем в контрольной группе и составил 48,3% и 34,4% соответственно [26].

## Fuji intelligent color enhancement (FICE)

Принцип технологии заключается в компьютерной обработке изображения, полученного при эндоскопии в белом свете, с помощью модуля спектральной оценки. Особенностью данной технологии является возможность предварительных настроек длин волн красного, зеленого и синего диапазона, что, в свою очередь, позволяет повысить контрастность и визуализировать микроархитектуру поверхности слизистой [27].

Как показали немногочисленные исследования, технология FICE не влияет на частоту выявления аденом. A. Aminalai и соавт., S. J. Chung и соавт., J. Pohl и соавт. в результате проведенных рандомизированных исследований пришли к выводу, что FICE не имеет преимуществ перед колоноскопией в белом свете при диагностике неоплазий [28, 29, 30].

## Autofluorescence imaging (AFI)

В основе данной технологии лежит особенность влияния света определенной длины волны на эндогенные флюорофоры в тканях. При воздействии света с короткой длиной волны тканевые флюорофоры начинают излучать свет с большей длиной волны, изменяя окраску ткани (аутофлюоресценция). При этом нормальная и патологически измененная ткань имеют разные аутофлюоресцирующие характеристики: опухолевая ткань пурпурного цвета контрастирует на фоне

окружающей ее нормальной слизистой зеленого цвета [31, 32, 33].

AFI, согласно результатам исследования T. Mastuda и соавт., значительно снижает частоту пропущенных аденом по сравнению с колоноскопией в белом свете (30% и 49% соответственно) [34].

Метод эффективен для выявления неоплазий у пациентов группы повышенного риска (синдром Линча, семейный анамнез колоректального рака); была установлена существенно большая

чувствительность аутофлуоресцентной эндоскопии (92%) по сравнению с эндоскопией в белом свете (68%) [35].

В ходе проспективного рандомизированного исследования Y. Takeuchi и соавт. выяснили, что технология повышает частоту выявления плоских неоплазий толстой кишки [36].

#### I-scan

Данная методика основана на цифровой обработке изображений, полученных в белом свете, в трех режимах (surface-enhancement (SE), contrast-enhancement (CE), tone-enhancement (TE), и их комбинациях, позволяющих структурно усилить

изображение в белом свете, сместить цветовой спектр в сине-зеленую область, сузить цветовой спектр и дополнительно увеличить освещение отдаленных участков (i-scan 1, 2, 3 соответственно).

Результаты исследований по применению данной технологии противоречивы. A. Hoffman и соавт. пришли к выводу, что i-scan, по сравнению с колоноскопией в белом свете, увеличивает частоту выявления неопластических образований (38% и 13% соответственно) [37]. Однако в проспективном рандомизированном исследовании S. N. Hong и соавт. было показано, что i-scan не увеличивает показатель выявленных аденом [38].

## Технологии увеличения поля зрения

Среди причин пропуска образований при колоноскопии необходимо отметить невозможность тщательно осмотреть участки слизистой за гаустральными складками или в области анатомических изгибов толстой кишки. Для решения этой проблемы был разработан ряд различных дополнительных устройств, которые разглаживают слизистую во время выведения колоноскопа и облегчают

маневренность в анатомических изгибах, позволяя осмотреть слизистую в сложных участках. К таким устройствам относятся: дистальный колпачок (cap), Endocuff, Endocuff Vision, Endoring. Также к технологиям увеличения угла обзора относится так называемая панорамная эндоскопия – FUSE (Full Spectrum Endoscopy) [39].

### Дистальный колпачок

Колпачок представляет собой одноразовое устройство из прозрачного термопластичного эластомера, устанавливаемое на дистальный конец видеоканала эндоскопа. Дистальный колпачок имеет закругленный край, что предотвращает контактное повреждение слизистой; отверстие сбоку – для свободного оттока жидкости. Такие функции эндоскопа, как инсуффляция газа и аспирация, не нарушаются. Выступающий вперед край колпачка позволяет маневрировать и разглаживать складки и, как следствие, расширить поле, доступное осмотру.

В нескольких рандомизированных контролируемых исследованиях колоноскопия с колпачком зарекомендовала себя как более диагностически эффективный метод, чем обычная колоноскопия.

S. Kondo и соавт. оценивали эффективность использования колпачка при колоноскопии, в результате показатель выявленных полипов (PDR) был существенно выше (49,3%), чем в контрольной группе (39,1%) [40]. В работе Y. Harada и соавт. достоверной разницы в показателе выявленных полипов в сравниваемых группах не выявлено, однако, авторы подчеркнули, что использование колпачка уменьшает время, затрачиваемое на интубацию слепой кишки [41].

В двух исследованиях оценивалось влияние опыта эндоскописта на эффективность использования дистального колпачка. Статистической разницы в показателе выявленных аденом не было обнаружено [42, 43].

### Endocuff. Endocuff Vision

Endocuff – одноразовое рентгеноконтрастное устройство, состоящее из цилиндрической полипропиленовой основы и двух рядов гибких выступов – «шипов» из термопластичного эластомера; в каждом ряду 8 «шипов», которые отходят от промежутков в основе устройства.

«Шипы» пассивно двигаются при контакте со слизистой независимо друг от друга во время выведения колоноскопа, отодвигая складки в радиальном направлении и тем самым увеличивая поле осмотра. К тому же, устройство препятствует внезапному соскальзыванию аппарата при прохождении анатомических изгибов. Само устройство при проведении исследования находится вне поля зрения.

В исследованиях были неоднократно получены положительные результаты: выявлено существенное повышение показателя выявленных аденом при использовании данного устройства [44–47].

Однако несмотря на революционный дизайн, Endocuff имеет некоторые недостатки, например, протяженные повреждения слизистой, эрозии, сложности при интубации терминального отдела подвздошной кишки. Это привело к созданию Endocuff Vision – одноразовое устройство, состоящее из полипропиленового каркаса и одного ряда из 8 «шипов», которые длиннее, чем в Endocuff.

W. S. Ngu и соавт. недавно опубликовали результаты рандомизированного контролируемого исследования «ADENOMA», в котором доказали, что Endocuff Vision значительно повышает показатель выявленных аденом (61,5% по сравнению с 50,9%) и рекомендовали использовать устройство как дополнительную технологию диагностики образований толстой кишки [48].

## Endorings

Представляет собой одноразовое устройство, состоящее из двух слоев гибких силиконовых колец на цилиндрической манжете. При движении эндоскопа кольца растягивают слизистую, оптимизируя

визуализацию. Эффективность была оценена в исследовании «CLEVER»: при использовании устройства аденомы пропускали намного реже (10,4% против 48,3%) [49].

## Full spectrum endoscopy (FUSE)

У стандартного колоноскопа угол обзора равен 140°. Логично предположить, что больший угол обзора позволит улучшить осмотр труднодоступных участков слизистой. Так, в 2004 году был разработан эндоскоп с углом обзора 170°, однако, в исследованиях его преимуществ, по сравнению со стандартным эндоскопом, не установлено [50, 51]. С годами данная технология развивалась, и новейшая разработка – система FUSE (full spec-

trum endoscopy) – обеспечивает угол обзора 330°. У эндоскопа FUSE три камеры: одна фронтальная и две по бокам, изображения с которых передаются на три смежных монитора, таким образом создавая панорамное изображение. Процент пропущенных аденом при использовании видеоэндоскопической системы FUSE гораздо ниже, чем при стандартной колоноскопии: 7% против 41% [52].

## Заключение

На сегодняшний день существует широкий ряд вспомогательных эндоскопических технологий диагностики неоплазий толстой кишки. Среди них есть методы как

с доказанной эффективностью, так и с сомнительной, поэтому вопрос применения некоторых технологий остается открытым и требует дальнейшего изучения.

## Литература | References

1. International Agency for Research on Cancer. World cancer observatory. GLOBOCAN2018. Lyon: International Agency for Research on Cancer; 2018. <http://gco.iarc.fr/> Дата обращения 22.01.2019.
2. Bray F, Ferlay J, Soerjomataram I, et al. Global cancer statistics 2018: GLOBOCAN estimates of incidence and mortality worldwide for 36 cancers in 185 countries. *CA Cancer J Clin*. 2018 Nov;68(6):394–424.
3. Каприн А.Д., Старинский В.В., Петрова Г.В. Злокачественные новообразования в России в 2017 году (заболеваемость и смертность). Москва: МНИОИ им. П.А. Герцена – филиал ФГБУ «НМИЦ радиологии» Минздрава России; 2018. 250 с.  
*Kaprin A. D., Starinsky V. V., Petrova G. V. Malignant neoplasms in Russia in 2017 (morbidity and mortality). Moscow: MNII them. P. A. Herzen – branch of the Federal State Budgetary Institution Scientific Research Center for Radiology of the Ministry of Health of Russia; 2018, 250 p.*
4. Ананьев В.С., Артамонова Е.В., Ачкасов С.И. и соавт. Клинические рекомендации по диагностике и лечению больных раком ободочной кишки. Москва; 2014. 13с.  
*Ananyev V. S., Artamonova E. V., Achkasov S. I. et al. Clinical recommendations for the diagnosis and treatment of patients with colon cancer. Moscow. 2014, 13 p.*
5. Winawer S., Classen M., Lambert R., et al. Практическое руководство Всемирного гастроэнтерологического общества (ВГО) и Международного союза по профилактике рака пищеварительной системы: Скрининг колоректального рака. World Gastroenterology Organisation; 2008. 17 с.
6. Агейкина Н.В., Дуванский В.А., Князев М.В. Альтернативный путь развития колоректального рака. Эндоскопические и морфологические особенности зубчатых поражений. Экспериментальная и клиническая гастроэнтерология 2013; № 8:3–10.  
*Ageikina NV, Duvanskii VA, Kniazev MV. An alternative pathway of colorectal cancer development. Endoscopic and morphological features of serrated lesions. Review. Eksp Klin Gastroenterol. 2013;(8):3–10.*
7. Kaminski MF, Thomas-Gibson S, Bugajski M, et al. Performance measures for lower gastrointestinal endoscopy: a European Society of Gastrointestinal Endoscopy (ESGE) quality improvement initiative. *United European Gastroenterol J*. 2017 Apr;5(3):309–334.
8. Кашин С.В., Нехайкова Н.В. Индикаторы качества колоноскопии, проводимой с целью скрининга колоректальных полипов и рака. Доказательная гастроэнтерология. 2016;5(2):13–21.  
*Kashin S. V., Nekhaykova N. V. Quality indicators in screening colonoscopy for colorectal polyps and cancer. Russian journal of Evidence-based gastroenterology = Dokazatel'naya gastroenterologiya. 2016;5(2):13–21. <https://doi.org/10.17116/dokgastro20165213-21>*
9. Heresbach D, Barrioz T, Lapalus MG, et al. Miss rate for colorectal neoplastic polyps: a prospective multicenter study of back-to-back video colonoscopies. *Endoscopy*. 2008 Apr;40(4):284–290.
10. Leufkens AM, van Oijen MG, Vleggaar FP, Siersema PD. Factors influencing the miss rate of polyps in a back-to-back colonoscopy study. *Endoscopy*. 2012; 44:470–475.
11. Xiang L, Zhan Q, Zhao XH, et al. Risk factors associated with missed colorectal flat adenoma: a multicenter retrospective tandem colonoscopy study. *World J Gastroenterol*. 2014; 20:10927–10937.
12. Barclay RL, Vicari JJ, Doughty AS, et al. Colonoscopic withdrawal times and adenoma detection during screening colonoscopy. *N Engl J Med*. 2006 Dec 14;355(24):2533–2541.
13. Bartel MJ, Picco MF, Wallace MB. Chromocolonoscopy. *Gastrointest Endosc Clin N Am*. 2015 Apr;25(2):243–260.

14. Pohl JI, Schneider A, Vogell H, et al. Pancolonial chromoendoscopy with indigo carmine versus standard colonoscopy for detection of neoplastic lesions: a randomised two-centre trial. *Gut*. 2011 Apr;60(4):485–490.
15. Brooker JC, Saunders BP, Shah SG, et al. Total colonic dye-spray increases the detection of diminutive adenomas during routine colonoscopy: a randomized controlled trial. *Gastrointest Endosc*. 2002 Sep;56(3):333–338.
16. Hurlstone DP, Cross SS, Slater R et al. Detecting diminutive colorectal lesions at colonoscopy: a randomised controlled trial of pan-colonic versus targeted chromoscopy. *Gut*. 2004 Mar;53(3):376–380.
17. Brown SR, Baraza W, Din S, Riley S. Chromoscopy versus conventional endoscopy for the detection of polyps in the colon and rectum. *Cochrane Database Syst Rev*. 2016 Apr 7;4: CD006439.
18. Saitoh Y, Waxman I, West AB, et al. Prevalence and distinctive biologic features of flat colorectal adenomas in a North American population. *Gastroenterology*. 2001 Jun;120(7):1657–1665.
19. Paggi S, Radaelli F, Amato A, et al. The impact of narrow band imaging in screening colonoscopy: a randomized controlled trial. *Clin Gastroenterol Hepatol*. 2009 Oct;7(10):1049–1054.
20. Kaltenbach T, Friedland S, Soetikno R. A randomised tandem colonoscopy trial of narrow band imaging versus white light examination to compare neoplasia miss rates. *Gut*. 2008 Oct;57(10):1406–1412.
21. Rex DK, Helbig CC. High yields of small and flat adenomas with high-definition colonoscopes using either white light or narrow band imaging. *Gastroenterology*. 2007 Jul;133(1):42–47.
22. Adler A, Pohl H, Papanikolaou IS, et al. A prospective randomised study on narrow-band imaging versus conventional colonoscopy for adenoma detection: does narrow-band imaging induce a learning effect? *Gut*. 2008 Jan;57(1):59–64.
23. Inoue T, Murano M, Murano N, et al. Comparative study of conventional colonoscopy and pan-colonic narrow-band imaging system in the detection of neoplastic colonic polyps: a randomized, controlled trial. *J Gastroenterol*. 2008;43(1):45–50.
24. Uraoka T, Saito Y, Matsuda T, et al. Detectability of colorectal neoplastic lesions using a narrow-band imaging system: a pilot study. *J Gastroenterol Hepatol*. 2008 Dec;23(12):1810–1815.
25. Nagorni A, Bjelakovic G, Petrovic B. Narrow band imaging versus conventional white light colonoscopy for the detection of colorectal polyps. *Cochrane Database Syst Rev*. 2012 Jan 18;1: CD008361.
26. Leung WK, Lo OS, Liu KS, et al. Detection of colorectal adenoma by narrow band imaging (HQ190) vs. high-definition white light colonoscopy: a randomized controlled trial. *Am J Gastroenterol*. 2014 Jun;109(6):855–863.
27. Дуванский В.А., Белков А.В., Широкопояс А.С. Технология спектрального цветового выделения в эндоскопической диагностике колоректальных неоплазий. *Экспериментальная и клиническая гастроэнтерология* 2017;144(08):23–25.  
Belkov A. V., Duvanskiy V. A. Spectral color separation technology with endoscopic diagnosis of colon tumors. *Experimental and Clinical Gastroenterology Journal*. 2017;144(08):23–25.
28. Aminalai A, Rösch T, Aschenbeck J, et al. Live image processing does not increase adenoma detection rate during colonoscopy: a randomized comparison between FICE and conventional imaging (Berlin Colonoscopy Project 5, BECOP-5). *Am J Gastroenterol*. 2010 Nov;105(11):2383–2388.
29. Chung SJ, Kim D, Song JH, et al. Efficacy of computed virtual chromoendoscopy on colorectal cancer screening: a prospective, randomized, back-to-back trial of Fuji Intelligent Color Enhancement versus conventional colonoscopy to compare adenoma miss rates. *Gastrointest Endosc*. 2010 Jul;72(1):136–142.
30. Pohl J, Lotterer E, Balzer C, et al. Computed virtual chromoendoscopy versus standard colonoscopy with targeted indigocarmine chromoscopy: a randomised multicentre trial. *Gut*. 2009 Jan;58(1):73–78.
31. Князев М.В., Дуванский В.А., Агейкина Н.В. Три-модальная эндоскопия в диагностике заболеваний желудочно-кишечного тракта. *Клиническая эндоскопия* 2012; Т. 4:2.  
Knyazev M. V., Duvanskiy V. A., Ageikina N. V. Trimodal'naya endoskopiya v diagnostike zabolevanii zheludchno-kishechnogo trakta. *Klin. endoskop*. 2012. vol. 4. p. 2.
32. Duvanskiy V. A. Knyazev M. V. Autofluorescent endoscopic diagnostics of epithelial neoplasms in the colon. *Journal of Gastroenterology and Hepatology* 2015;30 (Suppl. 4): 211.
33. Aihara H, Tajiri H, Suzuki T. Application of Autofluorescence Endoscopy for Colorectal Cancer Screening: Rationale and an Update. *Gastroenterol Res Pract*. 2012; 2012: 971383.
34. Matsuda T, Saito Y, Fu KI, Uraoka T, et al. Does autofluorescence imaging videoendoscopy system improve the colonoscopic polyp detection rate? – a pilot study. *Am J Gastroenterol*. 2008 Aug;103(8):1926–1932.
35. Ramsoekh D, Haringsma J, Poley JW, et al. A back-to-back comparison of white light video endoscopy with autofluorescence endoscopy for adenoma detection in high-risk subjects. *Gut*. 2010 Jun;59(6):785–793.
36. Takeuchi Y, Inoue T, Hanaoka N, et al. Autofluorescence imaging with a transparent hood for detection of colorectal neoplasms: a prospective, randomized trial. *Gastrointest Endosc*. 2010 Nov;72(5):1006–1013.
37. Hoffman A, Sar F, Goetz M, et al. High definition colonoscopy combined with i-Scan is superior in the detection of colorectal neoplasias compared with standard video colonoscopy: a prospective randomized controlled trial. *Endoscopy*. 2010 Oct;42(10):827–833.
38. Hong SN, Choe WH, Lee JH, et al. Prospective, randomized, back-to-back trial evaluating the usefulness of i-SCAN in screening colonoscopy. *Gastrointest Endosc*. 2012 May;75(5):1011–1021.
39. Rex DK, Repici A, Gross SA, et al. High-definition colonoscopy versus Endocuff versus EndoRings versus full-spectrum endoscopy for adenoma detection at colonoscopy: a multicenter randomized trial. *Gastrointest Endosc*. 2018 Aug;88(2):335–344.
40. Kondo S, Yamaji Y, Watabe H, et al. A randomized controlled trial evaluating the usefulness of a transparent hood attached to the tip of the colonoscope. *Am J Gastroenterol*. 2007;102:75–81.
41. Harada Y, Hirasawa D, Fujita N, et al. Impact of a transparent hood on the performance of total colonoscopy: a randomized controlled trial. *Gastrointest Endosc*. 2009;69:637–644.
42. Tang Z, Zhang DS, Thrift AP, Patel KK. Impact of cap-assisted colonoscopy on the learning curve and quality in colonoscopy: a randomized controlled trial. *Gastrointest Endosc*. 2018;87:723–732.

43. Park SM, Lee SH, Shin KY, et al. The cap-assisted technique enhances colonoscopy training: prospective randomized study of six trainees. *Surg Endosc*. 2012;26:2939–2943.
44. Floer M, Biecker E, Fitzlaff R, et al. Higher adenoma detection rates with endocuff-assisted colonoscopy—a randomized controlled multicenter trial. *PLoS One*. 2014;9: e114267.
45. Biecker E, Floer M, Heinecke A, et al. Novel endocuff-assisted colonoscopy significantly increases the polyp detection rate: a randomized controlled trial. *J Clin Gastroenterol*. 2015;49:413–418.
46. Triantafyllou K, Polymeros D, Apostolopoulos P, et al. Endocuff-assisted colonoscopy is associated with a lower adenoma miss rate: a multicenter randomized tandem study. *Endoscopy*. 2017;49:1051–1060.
47. De Palma GD, Giglio MC, Bruzzese D, et al. Cap cuff-assisted colonoscopy versus standard colonoscopy for adenoma detection: a randomized back-to-back study. *Gastrointest Endosc*. 2018;87:232–240.
48. Ngu WSI, Bevan R2, Tsiamoulos ZP et al. Improved adenoma detection with Endocuff Vision: the ADENOMA randomised controlled trial. *Gut*. 2019 Feb;68(2):280–288.
49. Dik VK, Gralnek IM, Segol O, et al. Multicenter, randomized, tandem evaluation of EndoRings colonoscopy – results of the CLEVER study. *Endoscopy*. 2015;47:1151–1158.
50. Deenadayalu VP, Chadawada V, Rex DK. 170 degrees wide-angle colonoscope: effect on efficiency and miss rates. *Am J Gastroenterol*. 2004 Nov;99(11):2138–2142.
51. Fatima H, Rex DK, Rahmani E, et al. Wide-Angle (WA) (170° Angle of View) Versus Standard (ST) (140° Angle of View) Colonoscopy. *Gastrointest Endosc*. 2006;63: AB204.
52. Gralnek IM, Siersema PD2, Halpern Z, et al. Standard forward-viewing colonoscopy versus full-spectrum endoscopy: an international, multicentre, randomised, tandem colonoscopy trial. *Lancet Oncol*. 2014 Mar;15(3):353–360.