

НЕИНВАЗИВНЫЙ КОМПЬЮТЕРНЫЙ ЭЛЕКТРОГАСТРОЭНТЕРОГРАФ

Непрерывный мониторинг эвакуаторной функции органов желудочно-кишечного тракта (ЖКТ) у больных в послеоперационный период является нерешенной задачей. Для оценки двигательной активности в клинической практике используют различные методы лучевой диагностики, которые не являются безопасными как для пациентов, так и для медперсонала. В то же время методы, использующие имплантированные в стенки органов ЖКТ электроды для измерения миоэлектрической активности, подходят скорее для научных экспериментов, чем для повседневной практики. Поэтому авторами данной статьи предложен метод мониторинга сократительной функции этих органов, который пригоден к использованию в условиях стационара.

Электрофизиологические методы представляются более перспективными, однако близость спектральных составляющих при одноканальной регистрации осложняет их раздельное получение и интерпретацию [1].

Авторами разработан, изготовлен и в условиях палаты интенсивной терапии апробирован комплекс новых клиничко-физиологических приборов, лишенный отмеченных недостатков. Созданный комплекс предназначен для неинвазивного исследования электрической активности нервно-мышечных структур разных отделов ЖКТ у больных в обычных клинических условиях посредством наложения электродов на поверхность тела, а именно, на конечности (таким образом реализуется т. н. периферическая электрогастрография ЖКТ [2]).

Функциональная схема этого прибора под названием «Универсальный, компьютерный электрогастроэнтерограф» (КЭГТ-4) приведена на рис. 1. Прибор вообще не имеет широкополосных усилителей, а состоит из общего фильтра низких частот (ФНЧ) и 4-х узкополосных резонансных фильтров (Ф1...Ф4), имеющих общий биполярный вход. Достоинства такой схемы входа прибора, отличной от типовой ЭГС-4М, в том, что существенно снижено влияние артефактов.

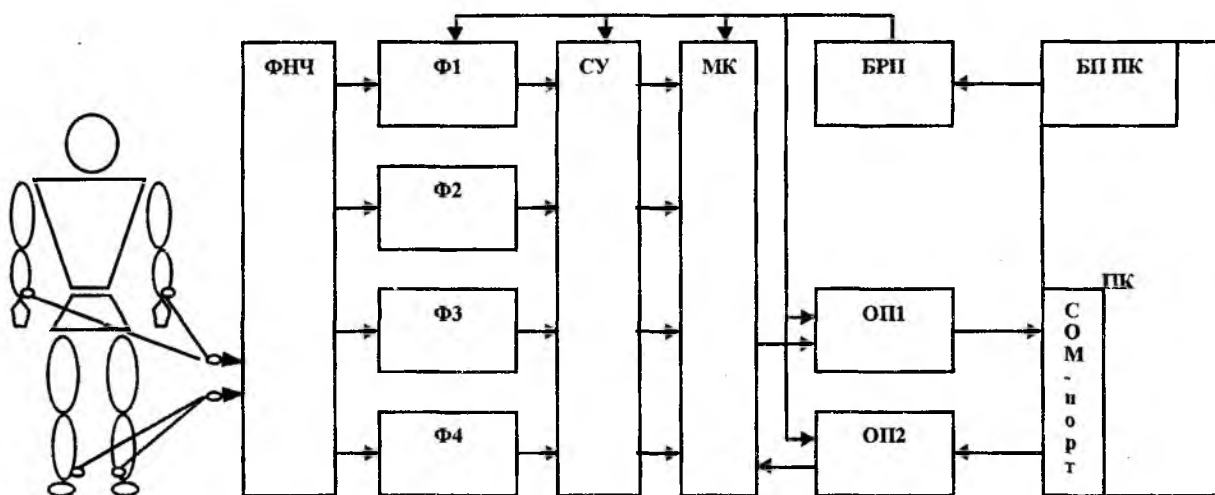


Рис. 1

ФНЧ – низкочастотный фильтр; Ф1...Ф4 – узкополосные резонансные фильтры;
 СУ – согласователь уровня; МК – микроконтроллер; ОП1, ОП2 – оптоизоляторы;
 БРП – блок гальванической развязки питающих напряжений;
 БП ПК – блок питания персонального компьютера.

Коэффициент усиления примененных резонансных фильтров при средней добротности 10 составляет 10^4 . Уровень собственных шумов составляет 0,1 мкВ. Высокая чувствительность обусловлена крайне узкой полосой пропускания фильтров (в области максимального коэффициента передачи). Канал усиления обеспечивает чувствительность электрофизиологических приборов на таких узкополосных фильтрах гораздо выше, чем при использовании широкополосных малошумящих усилителей, как это реализуется в стандартных приборах.

Каждый фильтр подключен к соответствующему входу согласователя уровня (СУ), выполняющего функции изменения выходных сигналов фильтров под динамический диапазон АЦП микрокон-

троллера, а также преобразования их из двуполярных в однополярные. Для разделения каналов по времени используется RISC-микроконтроллер фирмы Atmel AT90S4433, который программно и аппаратно позволяет производить: съём, накопление и элементарную цифровую обработку сигналов.

Микроконтроллер (МК) осуществляет опрос четырех аналоговых входов и формирование цифровых кодов канальных сообщений. С выхода МК коды этих сообщений передаются через оптоизолятор (ОП1) в последовательный порт компьютера. Компьютер накапливает данные измерений, производит их обработку и поканальное отображение. Минимальные требования к компьютеру следующие: IBM PC XT-совместимость, MS DOS 3.0 и выше, свободный COM-порт, объем накопителя на жестком магнитном диске определяется длительностью записи и рекомендуется не менее 20 Мбайт.

Для обеспечения электробезопасности пациента используются оптопары и развязывающий трансформатор питания. Электрогастроэнтерограф отвечает требованиям электробезопасности медицинской аппаратуры [3].

С помощью предлагаемого аппарата можно одновременно и независимо друг от друга выделять и регистрировать гастрограмму, дуоденограмму, энтерограмму и колограмму. В отличие от обычных многоканальных приборов (электрокардиографов, миографов и энцефалографов), у которых все каналы практически идентичны, КЭГГ-4 имеет четыре независимых различных канала, каждый из которых настроен на резонансные частоты медленных волн (МВ) соответствующего органа ЖКТ. Принципиальное отличие прибора, предложенного для гастроэнтерологического мониторинга в клиниках, защищено патентом Украины на изобретения [4].

Высокая избирательность и возможность одновременной на разных каналах регистрации электрических сигналов, специфичных для разных участков ЖКТ, облегчает последующую обработку данных и расширяет возможности электрогастроэнтерографии. Эти особенности дают возможность уже в процессе записи без вычислений быстро оценивать непрерывно изменяющееся состояние нервно-мышечных динамик органов под влиянием различных раздражителей (биостимуляции электрическими воздействиями и/или возбуждающими перистальтику препаратами).

Мониторинг перистальтики ЖКТ состоит из нескольких этапов. Подготовительный этап начинается с размещения регистрирующих электродов на нижних и верхних конечностях больного. Для регистрации применяются электроды от стандартных кардиографов, однако с целью снижения помех от поляризации электродов (процесс поляризации носит колебательный характер с частотами 0,01 – 0,5 Гц), что проходит в полосе регистрируемого сигнала, рекомендуем применять хлорсеребряные электроды. Для улучшения гальванического контакта между кожей и поверхностью электродов активную поверхность электродов покрывают тонким слоем электродной пасты¹. Уверенный гальванический контакт необходим для пропускания низких частот сигнала.

На рис. 2 показана электрогастроэнтерограмма больной Л. 37 лет на первые сутки после операции ваготомии до введения серотонина-адипината. На рис. 3 представлена электрогастроэнтерограмма той же больной на первые сутки после операции ваготомии после введения серотонина.

Исследование начинается с изучения спонтанной биоэлектрической активности органов ЖКТ. Для этого оценивают амплитуды колебаний в регистрируемых сериях, их периоды, изменчивость амплитуды и фазы. Сравниваются моменты появления серий и максимумов активности в разных отделах ЖКТ по времени и фазе между собой. По этим данным определяют направление распространения волн возбуждения и формы перистальтической активности в каждом органе ЖКТ.

В раннем послеоперационном периоде у большинства больных исходная активность прооперированного органа незначительна, и сократительные структуры не функционируют. Поэтому детальная обработка результатов предварительного исследования не столь важна. Тем не менее исходные данные до операции необходимо регистрировать у каждого больного. В дальнейшем они определяют тактику коррекции и служат индивидуальной мерой эффективности при электростимуляции или при введении препаратов.

¹ Состав и способ приготовления электродной пасты для электрогастрографов: карбоксилметилцеллюлоза (КМЦ) 15,5 г ТУ 481-62 очищенная; аммоний хлористый 50 г ГОСТ 3773 – 72; вода дистиллированная 20 мл ГОСТ 6709 – 72; глицерин 75 г ГОСТ 6259 – 75; вещество вспомогательное (полиэтиленгликоль) ОП10 или ОП7 0,5 г ГОСТ 8433 – 81. Взвесьте необходимое по рецепту количество КМЦ, залейте ее соответствующим количеством дистиллированной воды (оставьте в плотно закрытой посуде). Затем последовательно взвешивайте аммоний хлористый, глицерин и ОП10 и вводите в гель КМЦ при тщательном перемешивании [1].

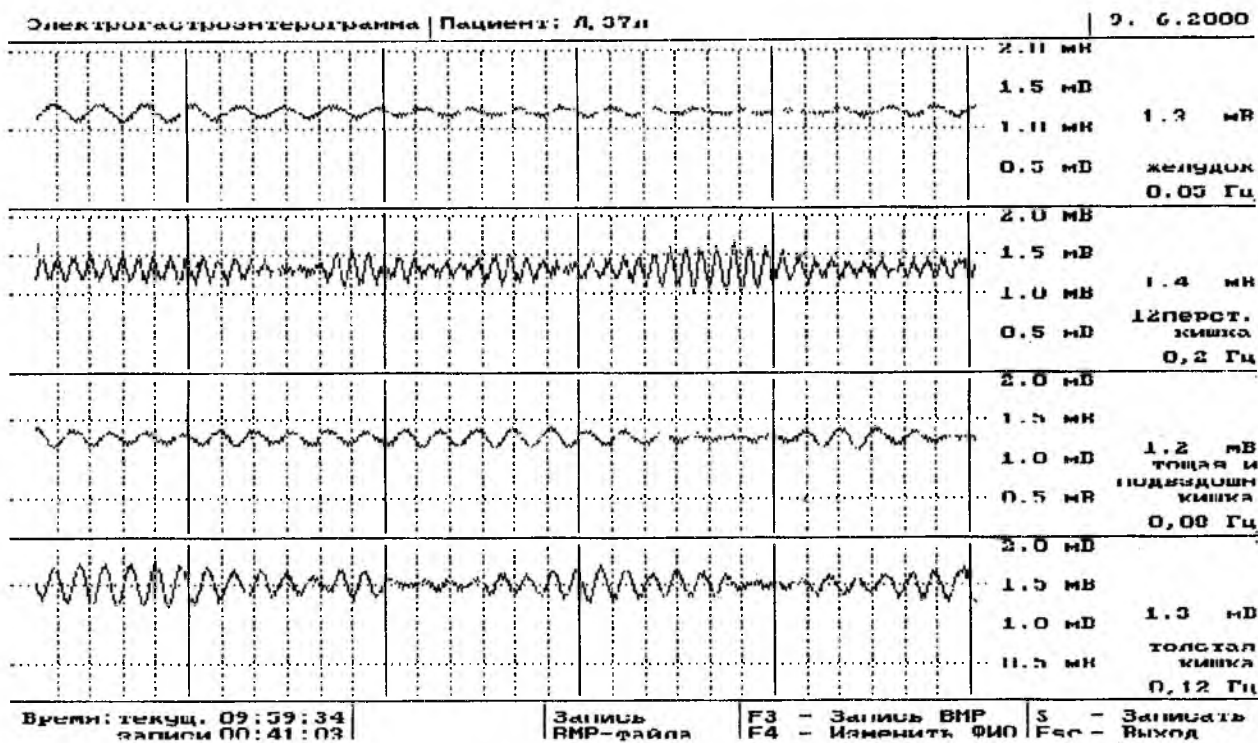


Рис. 2

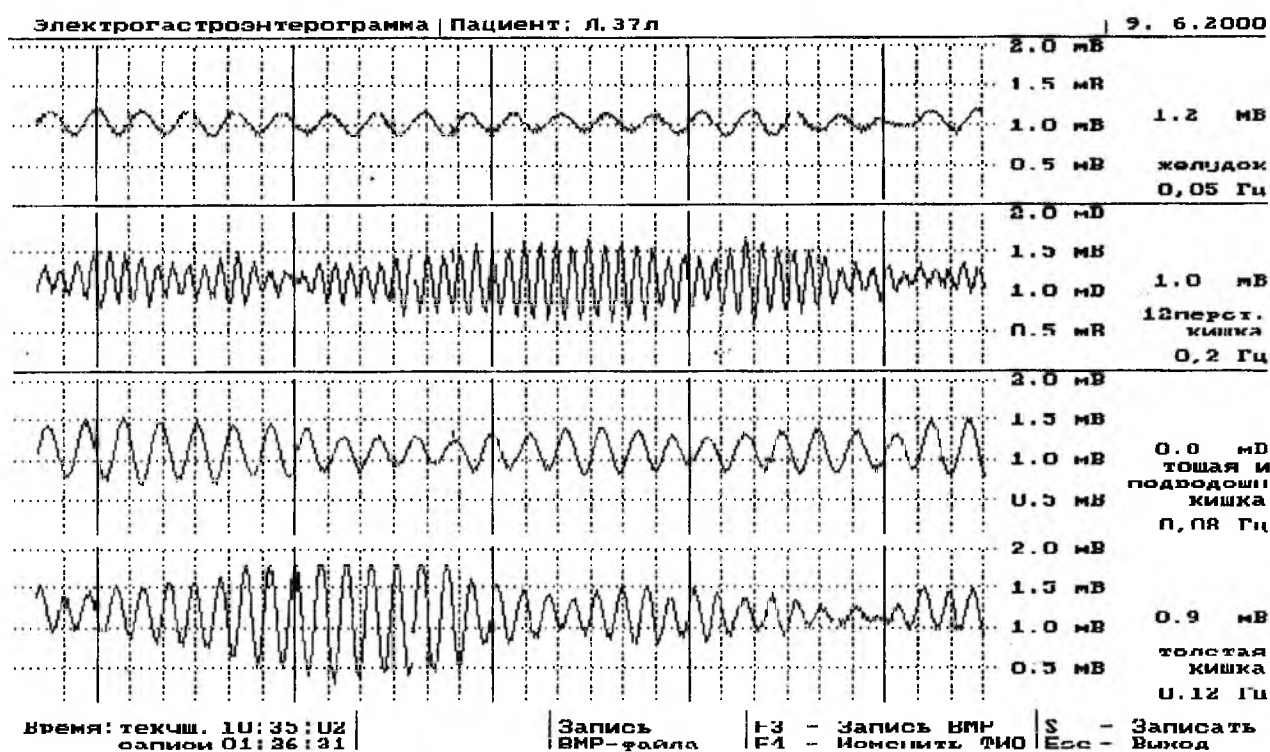


Рис. 3

Длительность предварительного исследования определяют из того, что период МВ желудка составляет 20 с и является наиболее длительным из всех органов ЖКТ. Поэтому, чтобы зарегистрировать только одну серию его спонтанных импульсов, нужно несколько минут. Следовательно, для формирования полной картины о ритме работы желудка продолжительность предварительной регистрации должна быть не менее 20 мин. Если ритмическая активность крайне мала, что часто наблюдается в раннем послеоперационном периоде, то длительность предварительной записи можно сократить до 5...7 мин. Затем приступают к диагностике состояния каждого отдела ЖКТ больного. Целью

диагностики является выявление и оценка способности нервно-мышечных структур к изменению состояния, а также оценка интенсивности функции органов. Для этого, не прекращая регистрацию электрической активности, к больному подключают электростимулятор ЖКТ либо вводят предписанный препарат (например, серотонин [5]).

Наличие четких реакций на стимуляцию в каналах КЭГГ-4 (рис. 2 и 3) и свидетельствует о сохранении, работоспособности и готовности нервно-мышечных структур приступить к координированной сократительной активности. Это означает, что в результате анестезиологического и хирургического вмешательства в ЖКТ у больного нарушена только функция механизма, активизирующего возбудимые образования пищеварительной системы, или снижена чувствительность электровозбудимых элементов.

Последнем показателем, который используется для характеристики состояния нервно-мышечных структур органов ЖКТ, является их способность сохранять новое состояние, которое они приобрели в результате стимуляции. В процессе исследования этот показатель определяется по разнице между амплитудами записанной биоэлектрической активности до стимуляции и после.

Выводы

1. Разработанный метод предварительной фильтрации при помощи узкополосных фильтров, согласованных со спектрами динамик отдельных органов ЖКТ имеет высокую защищенность от артефактов и шумов.

2. Разделение каналов во времени и передача цифровых данных через последовательный оптический канал позволяет одновременно наблюдать активность основных органов ЖКТ.

3. Схемотехнические приемы, положенные в основу электрогастроэнтерографа, позволяют изготавливать недорогие и простые в использовании приборы.

Список литературы: 1. Инструкция по эксплуатации электрогастрографа ЭГС-4М / Моск. завод электро медицинской аппаратуры «Эма», 1983г. 2. Васильев В.А., Попова Т.С., Тронская Н.С. Оценка двигательной активности органов желудочно-кишечного тракта // Рос. журнал гастроэнтерологии, гепатологии, колопроктологии. 1995. №4. С. 48-54. 3. ГОСТ 12.2.025-76. Изделия медицинской техники. Электробезопасность. Введ. 01.01.96. М.: Изд-во стандартов, 1981. – 28 с. 4. Пат. 99074009 України, МКВ А 61 В 5/05. Універсальний ентерогастрограф/ Хаджієв О.Ч., Лупальцов В.І., Лагутін М.Ф., Ягнюк А.І., Кузін А.І., Оразкулієва Л.Ч.; Харк. держ. мед. ун-т; Заявл. 13.07.99; Дата прийняття рішення 09.02.2000. 11с. 5. Пат. 2000063603 України, МКВ А 61 В 5/05. Спосіб оцінки функціонального стану шлунково-кишкового тракту/ Хаджієв О.Ч., Лупальцов В.І., Сімоненков О.П., Кузін А.І.; Харк. держ. мед. ун-т; Заявл. 21.06.2000, 6с. Дата прийняття рішення 09.11.2000, 6с.

Харьковский государственный технический университет радиотехники

Поступила в редколлегию 2.07.01